

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KIYMETLİ YAĞLARLA ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ
OLEOMARGARİN OPTİMİZASYONU**

Şerife ÇEVİK

**Danışman
Prof. Dr. Gülcan ÖZKAN**

**II.Danışman
Doç. Dr. Erkan KARACABEY**

**DOKTORA TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2021**



© 2021 [Şerife ÇEVİK]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Katılaştırma Teknolojileri	4
2.1.1. Hidrojenasyon.....	4
2.1.2. İnteresterifikasyon	5
2.1.3. Fraksiyone Kristalizasyon.....	6
2.1.4. Oleojelasyon	7
2.2. Bitkisel Yağlar ve Bitkisel Yağların Fonksiyonel Özellikleri.....	8
2.2.1. Yağ asitleri.....	8
2.2.2. Fenolik maddeler	10
2.2.3. Tokoferoller	12
2.2.4. Klorofil ve karotenoitler	14
2.2.5. Steroller.....	15
2.3. Bitkisel Yağ Kaynakları	17
2.3.1. Ayçiçek yağı	17
2.3.2. Fındık yağı	18
2.3.3. Zeytinyağı	18
2.3.4. Susam yağı.....	19
2.3.5. Kabak çekirdeği yağı	20
2.4. Oleojel Üretiminde Kullanılan Jelleştirme Ajanları (Oleojelatör)	20
2.4.1. Karnauba vaksı	22
2.4.2. Balmumu vaksı	22
2.4.3. Kandelilla vaksı	23
2.4.4. Şellak vaksı	23
2.4.5. Ayçiçek vaksı.....	23
2.4.6. β -Sitosterol ve γ -orizanol.....	23
2.4.7. Etil selüloz	24
2.4.8. Hidroksistearik asit	24
2.4.9. Karbonhidrat bazlı jelatörler: sorbitan monostearat	24
2.4.10. Monoaçilgliseroller	25
2.5. Olejellerin Gıda Uygulamaları	25
2.5.1. Margarin ve şortening ikamesi olarak kullanımı	26
2.5.2. Unlu mamüllerde kullanımı	30
2.5.3. Et ürünlerinde kullanımı	33
2.5.4. Çikolata ürünlerinde kullanımı	35
2.5.5. Süt ürünlerinde kullanımı	36
3. MATERYAL	38
3.1. Deneysel Tasarım	39
3.2. Analizler	41
3.2.1. Oleomargarin (Oleojel) hazırlanması	41

3.2.2. Yağ bağlama kapasitesinin belirlenmesi.....	44
3.2.3. Kristal oluşum zamanı	44
3.2.4. Renk analizi	44
3.2.5. Oleomargarin örneklerinin tekstürel özelliklerinin belirlenmesi.....	45
3.2.6. Serbest asitlik değerinin belirlenmesi	45
3.2.7. Peroksit değerinin belirlenmesi	45
3.2.8. UV ışığında özgül absorbans değerlerinin (K_{232} , K_{270}) belirlenmesi.....	46
3.2.9. Toplam karotenoit ve klorofil miktarının belirlenmesi.....	46
3.2.10. Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi	47
3.2.11. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi.....	48
3.2.12. Tokoferol ekstraksiyonu ve tokoferol analizi için HPLC Şartları:	48
3.2.13. Spektrometrik sterol tayini.....	49
3.2.14. DSC analizi	50
3.2.15. İstatistiksel analizler	50
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	52
4.1. Rafine Ayçiçek Yağının Soğuk Press Yağlarla Zenginleştirildiği Oleomargarinlere ait Deneme Desenleri	61
4.1.1. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağıyla zenginleştirildiği oleomargarinlere ait deneme deseni	62
4.1.2. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağıyla zenginleştirildiği oleomargarinlere ait deneme deseni	74
4.1.3. Rafine ayçiçek yağının natürel sızma zeytinyağıyla zenginleştirildiği oleomargarinlere ait deneme deseni	85
4.2. Rafine Fındık Yağının Soğuk Pres Yağlarla Zenginleştirildiği Oleomargarinlere ait Deneme Deseni	96
4.2.1. Rafine fındık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağıyla zenginleştirildiği oleomargarinlere ait deneme deseni	97
4.2.2. Rafine fındık yağının soğuk pres susam yağıyla zenginleştirildiği oleomargarinlere ait deneme deseni	108
4.2.3. Rafine fındık yağının natürel sızma zeytinyağıyla zenginleştirildiği oleomargarinlere ait deneme deseni	120
4.3. Oleomargarin Üretim Optimizasyonu ve Model Doğrulanması	132
4.4. Optimum Koşullarda Üretilen Oleomargarinlerin Karakteristik, Fonksiyonel ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi	135
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	151
KAYNAKLAR	153
ÖZGEÇMİŞ	166

ÖZET

Doktora Tezi

KIYMETLİ YAĞLARLA ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ OLEOMARGARİN OPTİMİZASYONU

Şerife ÇEVİK

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Gülcan ÖZKAN

II. Danışman: Doç. Dr. Erkan KARACABEY

Bu çalışmada rafine ayçiçek ve fındık yağlarının, merkezi karma tasarım deneme desenine göre soğuk pres yağlarla zenginleştirilmesi ile elde edilen karışıma, balmumu veya karnauba vaksı eklenilerek oleomargarin üretimi gerçekleştirilmiştir.

Üretim parametrelerine bağlı olarak çalışılan yanıtların değerlendirilmesinde ve yanıtların optimizasyonu için yanıt yüzey yöntemi kullanılmıştır. Deneme desenine göre üretilen oleomargarinlerin tekstürel özelliklerinden sertlik ve yapışkanlık değeri (g kuvvet), yağ bağlama kapasitesi (%), kristal oluşum zamanı (dak.) ve renk değerleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler, bağımsız değişkenlere bağlı olarak yanıt yüzey metodu ile analiz edilmiştir. Yanıt yüzey metodu kullanılarak rafine ayçiçek ve fındık yağlarının soğuk pres kabak çekirdeği, susam ve zeytinyağlarıyla zenginleştirildiği karışım yağlara, balmumu veya karnauba vaksı ilavesiyle üretilen oleomargarin örneklerinin yapışkanlık ve kristal oluşum zamanı değerleri minimize, yağ bağlama kapasitesi (%) değerleri ise maksimize edilerek her bir deneme deseni için optimum üretim formülasyonları belirlenmiştir. Oleomargarinlerin karakteristik özelliklerinden sertlik ve yapışkanlık, yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanı (dak.), asitlik ve peroksit, renk değerleri ile yağ asidi kompozisyonu ve DSC erime profilleri tespit edilmiştir.

Aynı zamanda fonksiyonel özelliklerinden ise spektrofotometrik olarak toplam fenolik madde ve toplam β -sitosterol miktarları ile HPLC’de tokoferol bileşimleri belirlenmiştir. Yağ karışımlarına ilave edilen jelleştiricinin oranı arttıkça, oleomargarinlerin sertlik ve yapışkanlık ve YBK (%) değerlerinde artış KOZ (dak.) değerlerinde ise azalma tespit edilmiştir. Karnauba vaksı ilave edilerek üretilen oleomargarinlerin sertlik değeri, balmumu vaksı kullanılarak hazırlanandan daha yüksektir. Balmumu vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin jelleşmesi için geçen süre, karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerden daha uzun kaydedilmiştir. Renk değerleri oleomargarin üretiminde kullanılan yağ çeşidine, yağ ve vaks ilave oranına göre değişim göstermiştir. Eklenen organojelator çeşidine ve oranına göre ergime ve kristalizasyon sıcaklıklarının değiştiği saptanmıştır. Termal özellikler bakımından balmumu vaksı ile hazırlanan oleomargarinlerin, kahvaltılık margarinlere benzer oldukları saptanmıştır. Yağlar ve optimum noktalarda üretilen

oleomargarin örneklerinin serbest asitlik ve peroksit değerlerinin, yasal limitler içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Yağların ve bu yağ karışımlarından üretilen oleomargarinlerin yağ asidi kompozisyonu (%), tekli ve çoklu doymamış yağ asidi içeriğince zengin, doymuş yağ asidi içeriğince ise düşük bulunmuştur. Margarin ile oleomargarin örnekleri kıyaslandığında ise, margarin örneğinin doymuş yağ asidi içeriği tüm oleomargarin örneklerinden oldukça yüksek tespit edilmiştir. Oleomargarinlerin yağ asidi kompozisyonu, toplam fenolik madde miktarları, toplam fitosterol ve tokoferol bileşimi karışımda kullandığımız yağ çeşidi ve ilave oranlarına bağlı olarak değişim göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Oleomargarin, rafine ve soğuk pres yağlar, balmumu ve karnauba vaksı, yanıt yüzey yöntemi, optimizasyon.

2021, 168 sayfa



ABSTRACT

Ph.D. Thesis

OLEOMARGARINE PROCESS OPTIMIZATION WITH ENRICHMENT PRECIOUS OIL

Şerife ÇEVİK

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Gülcan ÖZKAN

Co-Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erkan KARACABEY

In this study, according to central composite design, oleomargarine production was performed by using beeswax or carnauba wax for the mixture of refined sunflower and hazelnut oils enriched with cold pressed oils.

The response surface method was used for the evaluation of the studied responses depending on the production parameters and for their optimization. Textural properties being hardness and stickiness value (g force), oil binding capacity (%), crystal formation time (min) and color values of the oleomargarines produced according to the experimental design were determined. The obtained data were analyzed in terms of their relations with the independent variables by the response surface methodology. The oleomargarine samples produced by adding beeswax or carnauba wax to blended oils in which refined sunflower and hazelnut oils are enriched with cold pressed pumpkin seeds, sesame and virgin olive oils were optimized by using the response surface methodology, where the stickiness and crystal formation time (KOZ) values were minimized and the oil binding capacity (YBK) (%) value was maximized. By the way optimum production formulation was determined for each corresponding experimental design. Characteristics of oleomargarines including hardness and stickiness, YBK (%) and KOZ (min.), acidity and peroxide, color values, fatty acid composition and DSC melting profiles were determined. Meanwhile, in oleomargarines, the total phenolic compound and total β -sitosterol amounts were spectrophotometrically measured and tocopherol compositions were determined by HPLC. As the proportion of gelling agent added to the oil mixtures increased, the hardness and stickiness and YBK (%) values of oleomargarines increased, while the values of KOZ (min.) decreased. The hardness value of oleomargarines produced by adding carnauba wax is higher than that prepared using beeswax wax. The time required for gelation of oleomargarine samples produced using beeswax wax is longer than that for oleomargarines produced using carnauba wax. Color values varied according to the type of oil used in the production of oleomargarine, and the rate of oil and wax addition. It has been determined that the melting and crystallization temperatures change according to the used oleogelator type and ratio. In terms of thermal properties, oleomargarines prepared with beeswax were found to be similar to breakfast margarines.

The acidity and peroxide values of oils and oleomargarine samples produced at optimized conditions were found to be in legal limits. The fatty acid composition (%) of oils and oleomargarines produced from these oil blends were rich in terms of mono and polyunsaturated fat, whereas their saturated fat contents were low. When the margarine and oleomargarine samples were compared, the saturated fatty acid content of the margarine sample was found to be significantly higher than that all the oleomargarine samples had. The fatty acid composition, total phenolic content, β -sitosterol and tocopherol composition of oleomargarines vary depending on the type of oil used in the mixture and the addition ratios.

Keywords: Oleomargarine, refined and cold pressed oils, beeswax and carnauba wax, response surface methods, optimization

2021, 168 pages



TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Gülcan ÖZKAN'a teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın başlangıcından sonuna kadar tüm aşamalarda desteğini hep yanımda hissettiğim değerli hocam eş danışmanım Doç Dr. Erkan KARACABEY'e sonsuz teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarında desteği hiçbirzaman esirgemeyen değerli arkadaşım S. Serhat TURGUT, M. Mustafa ÖZÇELİK ve M. Seçil TURAN'a çok teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarında beni hiç yalnız bırakmayan ve yardımını elinden geldiğince esirgemeyen sevgili yeğenim Büşra BAŞARI'ya sonsuz teşekkür ederim.

Doktora tez izleme komitesinde ve tez jürimde yer alan, çalışmamın ilerlemesinde desteklerini ve değerli fikirlerini eksik etmeyen saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Erdoğan KÜÇÜKÖNER ve Doç. Dr. Işıl BARUTÇU MAZI'ya teşekkürü borç bilirim.

Araştırmanın yürütülmesinde ihtiyaç duyduğumuz zaman yardımlarını esirgemeyen ve tez jürimde yer alan sayın Dr. Öğretim Üyesi Halime PEHLİVAN hocama teşekkür ederim.

DSC analiz verilerinin değerlendirilmesinde yardımlarını esirgemeyen ve tez jürimde yer alan sayın Doç. Dr. Mustafa ÖĞÜTÇÜ hocama teşekkür ederim.

4849-D1-17 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

DSC analizleri için, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde görev yapan Mahmut DOĞANTÜRK'e teşekkür ederim.

Görev yapmakta olduğum Gelendost MYO akademik ve idari personeline teşekkürü borç bilirim.

Çalışmada verilerinin değerlendirilmesinde, TÜBİTAK tarafından desteklenen SDÜ tarafından yürütülen, TÜBİTAK 2237-A Proses Analizi ve Optimizasyonu (Etkinlik NO:1129B37200721) isimli bilimsel etkinlik için başta etkinlik koordinatörleri olmak üzere tüm hocalarıma ve TÜBİTAK'a teşekkürü borç bilirim.

Çalışmada verilerin planlanması ve değerlendirilmesinde, TÜBİTAK ve SDÜ işbirliği ile gerçekleştirilen Analitik Doğa - Kümeleme ve Ordinasyon Teknikleri (2229- BİDEB Proje No:1059B291700280) isimli bilimsel etkinlik için başta proje koordinatörleri olmak üzere tüm hocalarıma ve TÜBİTAK'a teşekkürü borç bilirim.

Hayatımın ve tabiki tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım. Zeytin ve zeytinyağının çok değerli olduğunu bize ilk öğreten canım babam Ahmet ÇEVİK'e ayrıca çok teşekkür ederim.

Şerife ÇEVİK
ISPARTA, 2021

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Yemeklik yağların doymuşluk ve doymamışlık oranları (%).....	10
Çizelge 2.2. Yemeklik yağların toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/kg yağ) ...	12
Çizelge 2.3. Yemeklik yağların tokoferol bileşimi (mg/kg yağ)	14
Çizelge 2.4 Yemeklik yağların toplam sterol miktarı (mg/kg yağ)	16
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan materyallerin kullanım amaçları, saflık dereceleri ve menşeleri	38
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan margarin özellikleri	39
Çizelge 3.3. Balmumu vaksı kullanılarak hazırlanan deneme deseninde bağımsız değişkenlerin kodlanmış ve kodlanmamış değerleri.....	40
Çizelge 3.4. Karnauba vaksı kullanılarak hazırlanan deneme deseninde bağımsız değişkenlerin kodlanmış ve kodlanmamış değerleri.....	40
Çizelge 3.5. Karnauba vaksı kullanılan örneklerde uygulanan merkezi karma tasarım	40
Çizelge 3.6. Balmumu vaksı kullanılan örneklerde uygulanan merkezi karma tasarım	41
Çizelge 3.7. Gaz Kromatografisi (GK) cihazının özellikleri ve çalışma şartları	47
Çizelge 3.8. HPLC cihazının özellikleri ve çalışma şartları	49
Çizelge 4.1. Yağların serbest asitlik (% oleik), peroksit (meq O ₂ / kg yağ), K ₂₃₂ ve K ₂₇₀ değerlerine değerlerine ait ortalama değerler (n=3)	53
Çizelge 4.2. Yağların klorofil ve karotenoit değerlerine ait ortalama değerler (n=3)	54
Çizelge 4.3. Yağların yağ asidi kompozisyonuna (% alan) ait ortalama değerler (n=2)	54
Çizelge 4.4. Çalışmada kullanılan yağların toplam fenolik madde (mg/kg) miktarına ilişkin ortalama değerler (n=3).....	57
Çizelge 4.5. Çalışmada kullanılan yağların tokoferol (ppm) içeriğine ilişkin ortalama değerler (n=2)	58
Çizelge 4.6. Çalışmada kullanılan yağların toplam β- sitosterol (mg/kg) miktarlarına ilişkin ortalama değerler (n=2)	60
Çizelge 4.7. Rafine ayçiçek yağının, soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri.....	62
Çizelge 4.8. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimine ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri	63
Çizelge 4.9. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerleri (L*, a* ve b*)	66

Çizelge 4.10. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerine ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri.....	67
Çizelge 4.11. Rafine ayçiçek yağının, soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri.....	70
Çizelge 4.12. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerine ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri	71
Çizelge 4.13. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet)	74
Çizelge 4.14. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerine ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri	75
Çizelge 4.15. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*).....	78
Çizelge 4.16. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri.....	79
Çizelge 4.17. Rafine ayçiçek yağının, soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri	82
Çizelge 4.18. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasitesi ve kristal oluşum zamanının üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri	83
Çizelge 4.19. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet).....	86

Çizelge 4.20. Rafine ayçiçek yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerinde üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri	87
Çizelge 4.21. Rafine ayçiçek yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*).....	89
Çizelge 4.22. Rafine ayçiçek yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri.....	90
Çizelge 4.23. Rafine ayçiçek yağının, natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrasında balmumu ve karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri.....	93
Çizelge 4.24. Rafine ayçiçek yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasitesi ve kristal oluşum zamanının üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri	94
Çizelge 4.25. Rafine fındık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet)	97
Çizelge 4.26. Rafine fındık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri	98
Çizelge 4.27. Rafine fındık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*).....	101
Çizelge 4.28. Rafine fındık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri.....	102
Çizelge 4.29. Rafine fındık yağının, soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri.....	105

Çizelge 4.30. Rafine findık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri	106
Çizelge 4.31. Rafine findık yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu vaksı veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri	109
Çizelge 4.32. Rafine findık yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri.....	110
Çizelge 4.33. Rafine findık yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu vaksı veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*).....	112
Çizelge 4.34. Rafine findık yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimine ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri	114
Çizelge 4.35. Rafine findık yağının, soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri	117
Çizelge 4.36. Rafine findık yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri	118
Çizelge 4.37. Rafine findık yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet)	121
Çizelge 4.38. Rafine findık yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve değerlendirme parametreleri	122
Çizelge 4.39. Rafine findık yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu vaksı ve karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*).....	124

Çizelge 4.40. Rafine fındık yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve değerlendirme parametreleri	126
Çizelge 4.41. Rafine ayçiçek yağının, natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri.....	129
Çizelge 4.42. Rafine fındık yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerine ait modellerin model katsayıları ve değerlendirme parametreleri	130
Çizelge 4.43. Oleomargarin üretiminde kullanılan optimum şartlar.....	133
Çizelge 4.44. Optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin deneysel verileri ve model tahmin aralıklarına ait değerler.....	134
Çizelge 4.45 Optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin deneysel ve model tahmin aralıkları.....	135
Çizelge 4.46. Optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin sertlik ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet)	136
Çizelge 4.47. Optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanı (dak.) değerleri.....	138
Çizelge 4.48. Optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin renk (L , a^* ve b^*) değerleri	139
Çizelge 4.49. Çalışmada kullanılan yağların ve optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin asitlik (% oleik asit) ve peroksit değerlerine (meq O_2 /kg yağ) ilişkin ortalama değerler ($n=3$).....	140
Çizelge 4.50. Çalışmada kullanılan saf yağların ve optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin toplam klorofil ve karotenoit miktarına ilişkin ortalama değerler ($n=3$)	141
Çizelge 4.51. Çalışmada kullanılan yağların ve optimum koşullarda yağa balmumu vaksı ilave edilerek üretilen oleomargarinlerin yağ asidi kompozisyonu miktarına ilişkin ortalama değerler ($n=2$).....	143
Çizelge 4.52 Çalışmada kullanılan yağların ve optimum koşullarda yağa karnauba vaksı ilave edilerek üretilen oleomargarinlerin yağ asidi kompozisyonu miktarına ilişkin ortalama değerler ($n=2$).....	144
Çizelge 4.53 Optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin DSC sonuçları	146
Çizelge 4.54. Çalışmada kullanılan yağların ve optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin toplam fenolik madde (mg/kg) ve β - sitosterol (mg/kg) miktarlarına ilişkin ortalama değerler ($n=2$).....	148
Çizelge 4.55. Çalışmada kullanılan yağların ve optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin a kullanılan yağların tokoferol (ppm) içeriğine ilişkin ortalama değerler ($n=2$)	149

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Tokoller'in genel formülü.....	13
Şekil 2.2. Tokotrienollerin genel formülleri	13
Şekil 2.3. Steran halkası (Damirchi vd. 2005)	15
Şekil 3.1. Oleomargarin üretimi.....	43
Şekil 3.2. Standartların kromatogramı: 1: α -(alfa) tokoferol, 2: β -(beta) tokoferol, 3: γ -(gama) tokoferol ve 4: δ -(delta) tokoferol.....	49
Şekil 4.1. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AKB oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi.....	64
Şekil 4.2. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AKK oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi.....	64
Şekil 4.3. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AKB oleomargarinlerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi.....	68
Şekil 4.4. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AKK oleomargarinlerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi.....	68
Şekil 4.5. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AKB oleomargarinlerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi	72
Şekil 4.6. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AKK oleomargarinlerinin YKB (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi	72
Şekil 4.7. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin ASB oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet), değerleri üzerine etkisi.....	76
Şekil 4.8. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin ASK oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet), değerleri üzerine etkisi.....	77
Şekil 4.9. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin ASB oleomargarinlerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi.....	80
Şekil 4.10. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin ASK oleomargarinlerinin L* ve b* değerleri üzerine etkisi.....	80
Şekil 4.11. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin ASB oleomargarinlerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi.....	84
Şekil 4.12. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin ASK oleomargarinlerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi.....	84
Şekil 4.13. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AZB oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi.....	88
Şekil 4.14. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AZK oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi.....	88
Şekil 4.15. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AZB oleomargarinlerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi.....	91

Şekil 4.16. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AZK oleomargarinlerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi.....	92
Şekil 4.17. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AZB oleomargarinlerinin yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri üzerine etkisi.....	95
Şekil 4.18. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AZK oleomargarinlerinin yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri üzerine etkisi.....	95
Şekil 4.19. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FKB oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet), değerleri üzerine etkisi.....	99
Şekil 4.20. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FKK oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi.....	99
Şekil 4.21. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FKB oleomargarinlerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi.....	103
Şekil 4.22. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FKK oleomargarinlerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi.....	103
Şekil 4.23. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FKB oleomargarinlerinin yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri üzerine etkisi.....	107
Şekil 4.24. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FKK oleomargarinlerinin yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri üzerine etkisi.....	107
Şekil 4.25. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FSB oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet), değerleri üzerine etkisi.....	111
Şekil 4.26. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FSK oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi.....	111
Şekil 4.27. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FSB oleomargarinlerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi.....	115
Şekil 4.28. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FSK oleomargarinlerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi.....	115
Şekil 4.29. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FSB oleomargarinlerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi.....	119
Şekil 4.30. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FSK oleomargarinlerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi.....	119
Şekil 4.31. FZB oleomargarin örneklerinin yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi.....	123
Şekil 4.32. FZK oleomargarin örneklerinin yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi.....	123
Şekil 4.33. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FZB oleomargarinlerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi.....	127
Şekil 4.34. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FZK oleomargarinlerinin L* ve a* değerleri üzerine etkisi.....	127

Şekil 4.35. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FZB oleomargarinlerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi.....	131
Şekil 4.36. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FZK oleomargarinlerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi.....	131



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Ayçiçek Yağı
AKB	Ayçiçek Yağı, Kabak Çekirdeği Yağı, Balmumu Vaksı
AKK	Ayçiçek Yağı, Kabak Çekirdeği Yağı, Karnaubu Vaksı
ASB	Ayçiçek Yağı, Susam Yağı, Balmumu Vaksı
ASK	Ayçiçek Yağı, Susam Yağı, Karnaubu Vaksı
AZB	Ayçiçek Yağı, Zeytinyağı, Balmumu Vaksı
AZK	Ayçiçek Yağı, Zeytinyağı, Karnaubu Vaksı
B	Balmumu vaksı
dak	Dakika
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
FAO	Amerika Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
F	Fındık yağı
FKB	Fındık Yağı, Kabak Çekirdeği Yağı, Balmumu Vaksı
FKK	Fındık Yağı, Kabak Çekirdeği Yağı, Karnaubu Vaksı
FSB	Fındık Yağı, Susam Yağı, Balmumu Vaksı
FSK	Fındık Yağı, Susam Yağı, Karnaubu Vaksı
FZB	Fındık Yağı, Zeytinyağı, Balmumu Vaksı
FZK	Fındık Yağı, Zeytinyağı, Karnaubu Vaksı
g	Gram
HDL	İyi Huylu Kolesterol
K	Kabak Çekirdeği Yağı
K	Karnaubu vaksı
KM	Kahvaltılık Margarin
kg	Kilogram
KOZ	Kristal Oluşum Zamanı
LDL	Kötü Huylu Kolesterol
MUFA	Tekli Doymamış Yağ Asidi
s	Saniye
S	Susam Yağı
PD	Peroksit Değeri
PUFA	Çoklu Doymamış Yağ Asidi
SFA	Doymuş Yağ Asidi
SYA	Serbest Yağ Asitliği
TAG	Triaçilgliserol
YBK	Yağ Bağlama Kapsitesi
Z	Zeytinyağı
%	Yüzde Oranı

1. GİRİŞ

Beslenme açısından büyük önem taşıyan yağlar, çeşitli gıdaların işlenmesinde de rol oynamaktadır. Yağ miktarı ve bileşimi gıdanın, reolojik ve duyuşsal özellikleri, lezzeti, raf ömrü ve besleyici değeri gibi temel özellikleri üzerinde etkilidir. Yemeklik yağlar oda sıcaklığındaki yapısal özelliklerine göre sıvı, yarı-katı ve katı (sert) yağlar olarak sınıflandırılmaktadır. Yağların bu fiziksel durumları, onların temel özelliklerini belirlediği gibi, kullanım alanlarını da belirlemektedir. Örneğin oda sıcaklığında tamamen sıvı halde bulunan yağlar salata yağı ve yemeklik olarak değerlendirilmekle birlikte, kolay sürülebilir formdaki katı yağlar kahvaltılık sürülebilir margarin olarak ve yağ içeriği yüksek daha sert yapıdaki yağlar ise (margarinler ve şorteningler) fırıncılık ve pastane ürünlerinde (kurabiyeler, kekler, pastalar vb.) kullanılmaktadır (Öğütücü ve Yılmaz, 2015b). Son yıllarda tüketiciler almış oldukları gıdalarla beslenme ihtiyaçlarını karşılamının yanında gıdanın sağlıklı, doğal ve fonksiyonel olmasına da özen göstermektedirler. Günlük yağ tüketiminde sınırlı tüketim olanağı olan kıymetli yağlar olarak bilinen soğuk pres yağlar, doğrudan tüketime uygun olan, ısıt işlem olmaksızın sadece mekanik yöntemle elde edilen yağlar olduğu için, biyoaktif bileşenlerce zengin olması bu yağlara besinsel ve duyuşsal açıdan fonksiyonel özellik kazandırmaktadır. Biyoaktif bileşenleri, hammaddeye bağılı olarak değişmekle birlikte insan sağlığı açısından önemli esansiyel yağ asitleri, fenolik maddeler ve tokoferoller gibi doğal antioksidanlar ve steroller gibi lipofilik bileşenler oluşturmaktadır. Sağlık yönünden önem arz eden soğuk pres yağların kullanım alanlarının sınırlı olması, hem üretici hem de tüketicilerin bu ürünlerden faydalanma olasılığını azaltmaktadır (Karasu, 2015).

Ayrıca günümüzde yaşam koşullarının hızlı değişimi ve iş hayatına katılımın yüksek oranı güvenli gıda tüketimine olan ilgiyi de arttırmaktadır. İnsan sağlığının korunması için yapılan ve tüm dünyada kabul gören diyet önerilerinden bir tanesi de diyetle alınan toplam doymuş yağ oranının ve trans yağ asidi alımının düşürülmesidir. Mensink vd. (2003) trans yağ asidi ve doymuş yağ asidi yerine doymamış cis formda bulunan yağ asitleri tüketildiği zaman sağlık risklerinin etkili bir şekilde düştüğünü belirtmişlerdir. Trans yağ asidinin diyetle alımındaki artışın, başta kalp damar hastalıkları olmak üzere muhtemel neden olabileceği hastalıklardan

dolayı sağlık üzerine risk oluşturduğu bildirilmiştir (Ascherio vd., 1999, Mensink vd., 2003). Ayrıca trans yağ asitleri kötü kolestrol seviyesini (LDL) arttırırken, iyi kolestrol (HDL) seviyesini azaltmaktadır (Legault vd., 2004, Brandt vd., 2009). Dünya Sağlık rgt yağ tüketiminde, trans ve doymuş yağ asitlerine karşı doymamış yağ asitlerince zengin bitkisel yağ tüketimi tavsiye etmektedir. Ancak trans ve doymuş yağ asitlerinin gıda ürünlerinin tekstür, tat, lezzet ve aroma da büyük rol oynadığı bilinmekte ve doymamış yağlar ile trans ve doymuş yağların doğrudan yer değiştirmesi ürün kalitesinde teknik sorunlar oluşturmaktadır. Gıdaların kalitesi açısından önem taşıyan bu özelliklerin üründe arzu edilen düzeyde olabilmesi için sıvı olan ya da düşük erime noktasına sahip moleküller barındıran bir yağdan erime noktası yüksek, katı özellikte yağ elde etmek için hidrojenasyon, interesterifikasyon, fraksiyone kristalizasyon ve yeni bir teknoloji olan oleojelasyon gibi teknolojik işlemlerle formüle edilerek margarinler, şorteningler ve hidrojene yağlar gibi katı yağlar elde edilmektedir. Bu teknikler yardımıyla yağlara elastikiyet, sürülebilirlik ve plastiklik gibi fonksiyonellik kazandırılmaktadır. Bahsedilen zellikler ürün üzerinde tüketicilerin istediği ve beğendiği yapının oluşmasında önem arz etmektedir (Wassell vd., 2010, Marangoni ve Garti, 2011).

Bu çalışmada oleomargarin üretimi ile trans yağ içermeyen, doymuş yağ oranı düşük ve yüksek oranda tekli veya çoklu doymamış yağ asitlerince zengin yeni ürün bileşimlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Oleomargarin retiminde rafine ayek ve fındık yağları, kıymetli yağlardan natürel sızma zeytinyağı, soğuk pres susam ve kabak çekirdeği yağı ile deneysel tasarımda belirtilen oranlarda zenginleştirilerek elde edilen yağ karışımları (ayek yağı-zeytinyağı, ayek yağı-susam yağı ve ayek yağı-kabak çekirdeği yağı, fındık yağı-zeytinyağı, fındık yağı-susam yağı ve fındık yağı-kabak çekirdeği yağı) ve deneme deseninde belirlenen farklı oranlarda iki vaks çeşidi (karnauba ve balmumu) kullanılarak, oleomargarin üretilmiştir. Deneysel tasarım olarak Merkezi Karma Tasarım seçilmiş olup, her bir deneme için oleojel örneklerinin yağ bağlama kapasitesi, kristal oluşum zamanı, tekstürel özellikleri ve renk değerleri yanıt yüzey metodu kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiş, her bir yağ karışımı için en iyi özelliklere sahip oleomargarin (oleojel) retiminde kullanılacak optimum şartlar belirlenmiştir. Deneysel olarak optimum şartlarda üretilen oleomargarin örneklerinde ise kristal oluşum zamanı, yağ bağlama kapasitesi, tekstürel özellikler, renk değerleri, asitlik değer, peroksit değer, yağ asidi

kompozisyonu ve DSC erime profili belirlenmiştir. Ayrıca optimum noktalarda yağlara fonksiyonel özellik kazandıran bileşenlerden; toplam fenolik madde miktarı, klorofil karotenoit miktarı, tokoferol bileşimi, sterol (β -sitosterol) miktarı belirlenmiştir. Kısaca, bu çalışma ile farklı bitkisel sıvı yağ ve vaks karışımları kullanılarak oleomargarin üretimi için optimum koşullar belirlenmiş olup, temel nitelikteki bu sonuçların oleomargarin üretimine ve gıda sektörüne önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Katılaştırma Teknolojileri

Sıvı halde bulunan veya içerisinde düşük ergime noktasına sahip moleküller bulunduran bir yağdan ergime noktası yüksek, kısmen veya tamamen katı özellikte yağ eldesinde, hali hazırda kullanılan hidrojenasyon, interesterifikasyon ve fraksiyonlama gibi tekniklerden yararlanılmaktadır (Marangoni ve Garti, 2011). Katı yağ üretiminde kullanılan en eski teknoloji hidrojenizasyon iken, sonrasında sırası ile interestifikasyon, fraksiyone kristalizasyon ve en yeni teknoloji olan oleojelasyon metotları gelmektedir.

2.1.1. Hidrojenasyon

Gıda sanayisinde katı yağ eldesinde kullanılan hidrojenizasyon yöntemi, 1900'li yılların başından bu yana büyük ölçüde kullanılmakta ve katalizör eşliğinde yağların yapısında yer alan doymamış bileşiklerdeki ve özellikle yağ asitlerindeki çift bağların hidrojenle doyurularak, yağın ergime noktası yükseltilip, oda sıcaklığında katı forma dönüştürülmek için kullanılan sıvı katılaştırma tekniğidir (Baltes, 1975; Christophe, 1998; FAO, 2003; Kayahan, 2002). Hidrojenasyon işlemi sırasında çift bağ içeren doymamış yağ asitleri katalizör yüzeyine adsorblanarak doymuş yağ asitlerine dönüşmekte ya da pozisyonel veya geometrik izomerizasyona uğramaktadır (Gümüşkesen, 1999). Hidrojene yağlarda trans yağ asidi içerikleri hidrojenasyon metodu ve derinliğine bağlı olarak %5'den %70'e kadar geniş bir aralıkta değişmektedir (Schwarz, 2000). Hidrojenasyon ortamında sıcaklığın yükselmesi bir yandan işlemin seçiciliğini arttırırken, diğer yandan da ortamda trans yağ asitlerinin oluşumunu tetiklemektedir (Gümüşkesen, 1999; Kayahan, 2002). Hidrojenasyon tepkimeleri sırasında ortamdaki hidrojenin basıncı, tepkimenin hızı ve seçiciliği yanında, trans yağ asitlerinin oluşumunu da etkilemektedir. Basıncın yüksek olması, hidrojenin yağdaki çözünürlüğünü arttırdığından, tepkime hızını yükseltmekte ve doyma tepkimesi sonucu birim zamandaki doymamış bileşen miktarı hızla düştüğünden, oluşan trans yağ asidi miktarı da azalmaktadır (Kayahan, 2002). Trans yağ asitleri günlük tüketilen gıda maddelerinde ve diğer hayvan yağlarında geviş getiren hayvanların midesinde biyolojik hidrojenasyonla doğal

olarak meydana gelmektedir. Fakat büyük oranda yağların katalitik hidrojenasyonu ile endüstriyel işlemler sırasında meydana gelebilmektedir. Diyetteki trans yağ asitlerinin %80-90'ını endüstriyel ölçekte işlem görmüş hidrojene yağlar oluştururken, %2-8'ini ise günlük tüketilen gıdalar oluşturmaktadır (Kromer, 1976, Mounts, 1979). Diyetle başlıca trans forma sahip yağ asitleri 18 C'lu olan tekli doymamış yağ asitleridir (Hay ve Morrison, 1970). Hidrojenasyon teknolojisi temelli ürünler bitkisel yağlar içeren yapılandırılmış özel ürünlerin üretimi için yeni yaklaşımlara yol açmıştır (O'brien, 2008). Hidrojene yağlar, margarin, kaplama yağları ve kızartma yağları gibi farklı ürünlerin imalatında günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır (Basoglu, 2014). Hidrojenasyon tekniği, yağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişikliğe neden olan bir yöntemdir. Özellikle yemeklik olarak kullanılacak katı yağlar için, doyurma işleminin kısmi olarak uygulanması kalan doymamış yağların büyük ölçüde trans formda kalmasına neden olduğundan sağlıklı bir yöntem olarak değerlendirilmemektedir (Kayahan, 2002).

2.1.2. İnteresterifikasyon

Katılaştırılmada kullanılan bir diğer yöntem olan interesterifikasyon, önemli yağ modifikasyon tekniklerinden biridir. İnteresterifikasyon işleminin temel prensibi triaçilgliserol (TAG) moleküllerinin arasında kimyasal ve enzimatik reaksiyonlar sonucunda içerdiği yağ asidi dağılımının yeniden düzenlenmesi işlemine dayanmaktadır. Hidrojenasyondan farklı olarak yağ asidi bileşimi değişmeden kalırken triaçilgliserol üzerindeki yağ asidi dağılımı değişir. Bu değişim modifiye edilen yağda erime ve kristalizasyon gibi önemli fiziko kimyasal değişimlere öncülük etmektedir (Erickson, 1990). En önemlileri esterin bir alkolle, bir asitle veya başka bir esterle oluşturduğu interesterifikasyon reaksiyonlarıdır. Ester-alkol arasındaki iç esterleşme reaksiyonlarına alkoliz, ester-asit arasındaki iç esterleşme reaksiyonlarına asidoliz, ester-ester arasındaki iç esterleşme reaksiyonlarına ise transesterifikasyon denilmektedir. İnterestifikasyon işleminde yağ asidi kompozisyonu değişmeden kalırken, TAG molekülleri dağılımı değişim göstermektedir. TAG molekülleri başlıca ürünlerde yüksek ergime noktası potansiyeline sahiptir ve yüksek sıcaklıklarda kristalize olurlar (Rousseau ve Marangoni, 2002, Adamczak, 2003). Kimyasal interesterifikasyon trans yağ asitleri oluşumuna neden olmaması dolayısıyla hidrojenasyona göre avantaja sahiptir.

Bununla birlikte kimyasal interesterifikasyonda, kahverengileşme gibi bazı istenmeyen değişimler gözlenebilmektedir (Rousseau ve Marangoni, 2002, O'brien, 2008). İnteresterifiye yağlar gıda sanayisinde margarin, şekerleme veya kaplama yağları, pişirme yağları, kızartma yağları ve şortening olarak kullanılmaktadır. İnteresterifikasyon işleminde tüketilebilir katı ve sıvı yağlar bu amaçlar için hammadde olarak kullanılmaktadır (Adamczak, 2003, O'brien, 2008). İnterestifikasyon; enzimatik ve kimyasal interestifikasyon olmak üzere iki grup altında incelenmektedir. Kimyasal interestifikasyon işleminde katalizör olarak genellikle metal alkolatlar, enzimatik interestifikasyonda ise bio-katalizörler kullanılmaktadır (Marangoni ve Rousseau, 1995). Kimyasal interestifikasyon işleminde kullanılan katalizörler, enzimatik interestifikasyon işleminde kullanılan biyokatalizörlerden daha ucuz ve endüstriyel işlemlerde daha kolay kullanım olanağı sağlamaktadır.

Her iki yöntemle elde edilen ürünler kompozisyonları açısından benzerlik göstermekle beraber, enzimatik interestifikasyon işlemi ile elde edilen ürünlerin üçlü doymuş trigliserit içeriklerinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Hoffman, 1989; Marangoni ve Rousseau, 1995; Park vd., 1983; (Roy ve Bhattacharyya, 1993).

2.1.3. Fraksiyone Kristalizasyon

Yemeklik yağların fraksiyone kristalizasyon yolu ile modifiye edilmeleri, aslında sıvı yağ içerisinde karışım halinde bulunan ve ergime dereceleri yüksek olan trigliseritlerin, soğuk tekniği uygulanarak katı faz haline dönüştürülmeleri ve daha sonra bu fazların birbirinden ayrılmaları şeklinde iki aşamada gerçekleştirilen bir tekniktir (Kellens, 1999; Kayahan, 2002; Tekin, 2018). Fraksiyone kristalizasyon özel nitelikte yemeklik katı yağların üretilmesine olanak verirken, diğer yandan da yüksek sıcaklık derecelerinde ergiyen katı yağlardan, beslenme ilkelerine uygun ve daha yumuşak karakterde yağ fraksiyonlarının elde edilmesine olanak sağlamaktadır (Kayahan, 2002).

2.1.4. Oleojelasyon

Gıda endüstrisinde katı yağ yapılandırma teknolojisinde yeni bir yöntem olan oleojelasyon, çeşitli yağ kaynakları ve oleojelatörlerin kullanılması ile üretilen mevcut yöntemlere alternatif bir metottur (Wassell vd., 2010, Ögütücü ve Yılmaz, 2012). Katı yağlar, ürüne arzu edilen işlevsellik, tekstür ve lezzet sağlamaktadır (Singh vd., 2017). Aynı zamanda ürünün elastik özellikliği birincil olarak trans ve doymuş yağlardan sağlamaktadır (Ögütücü ve Yılmaz, 2012). Katı yağların, direkt sıvı yağlarla yer değiştirmesi gıda ürünlerinin kalitesinde önemli değişikliklere sebep olduğundan katı yağ uygulamalarında son stratejilerde ise, sıvı yağa farklı bileşenler ekleyerek jelleşmeye yönelinmiştir (Hughes vd., 2009).

Yenilebilir yağ yapılandırması ile ilgili araştırmalar, iyileştirilmiş besin profili (trans yağ içermeyen, doymuş yağlarda düşük ve yüksek oranda tekli veya çoklu doymamış yağ asitleri) ile daha yeni ürün formatlarının geliştirilmesi üzerine yapılmaktadır (Ögütücü ve Yılmaz, 2012, Patel ve Dewettinck, 2016). Oleojeller, apolar çözücülerde, kovalent olmayan etkileşimler yoluyla kendi kendine fibril veya trombosit kristalleri oluşturur. Jelasyonu elde etmek için, jelleştiricinin yağ fazına dağılmasını takiben, çözelti genellikle çekirdeklenme ve kristal büyümesini indüklemek için soğutulur, kendi kendine toplanan ağların oluşumu gerçekleşir (Patel ve Dewettinck, 2016). Oleojelasyon, sıvı yağlara viskoelastik özelliklerin kazandırıldığı ve sıvı yağların kendi başına stabil, anhidroz (susuz), termodönüşümlü ve üç boyutlu jel yapılaraya dönüştürüldüğü yeni ve gelişim aşamasında olan bir tekniktir (Zetzel vd., 2014, Doan vd., 2015). Bu yöntem, gıdaların doymuş yağ asidi oranının azaltılmasına ve gıdalardan trans yağ asidinin çıkarılmasına olanak sağlamaktadır. Doymuş ve trans yağlar, kardiyovasküler hastalıklara neden olmakta ve sağlık üzerine istenmeyen olumsuz etkileri yaratmaktadır (Singh vd., 2017). Bu yağ asitlerinin tüketimi, kalp damar rahatsızlıkları, özellikle, trans yağ asitleri, kötü kolesterol yani, düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) düzeylerini artırmakta ve iyi kolesterol, yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) düzeylerini ise düşürür etki göstermektedir. Doymuş yağ asitlerinin ise, LDL seviyesi üzerine artırıcı etki gösterirken, HDL seviyeleri üzerine bir etki göstermediği belirtilmiştir. Bu yağ asitlerinin (özellikle doymuş yağ asitlerinin) sağlık üzerine etkilerine ilişkin tartışma halen devam etmekte ve belki de hiçbir zaman tatmin edici bir şekilde

öz lemez olacak olsa da, açık olan Őey, gıda üreticilerinin tüketicisi talebine göre, ürünlerden doymuş ve trans yağ asitleri içeren bileşenleri uzaklaŐtırma yönünde çalışmalar yapmasına sebep olmaktadır. Market raflarında, tüketicisi istekleri doğrultusunda trans yağ içermeyen, yağı azaltılmıŐ ve yağsız, gibi etiketlere sahip çok sayıda ürün yer almaktadır (Co ve Marangoni, 2012, Pehlivanoğlu vd., 2018). Kozmetik ve ilaç endüstrilerinde oldukça yaygın kullanılan ve gıda uygulamalarında daha yeni bir teknoloji olan oleojelasyon tekniği ile üretilen oleojeller, sağlık açısından zararlı olan trans yağ asitlerini içermeyen, doymuş yağ oranı düşük ve gıda ürünlerinde katı yağ yerine kullanılabilen ve ürünün beslenme profilini geliŐtiren katı yağlardır (Marangoni ve Garti, 2011, Singh vd., 2017).

2.2. Bitkisel Yağlar ve Bitkisel Yağların Fonksiyonel  zellikleri

Diyetle alınan kalorilerin %15-30'unun lipitlerden sağlanması nedeniyle, tüketicisi yağ miktarının önemli bir bölümünü bitkisel sıvı yağların oluşturması gerekliliği bildirilmiştir (Taşan ve Geçgel, 2007). İnsan beslenmesinde önemli role sahip olan yağlar, sadece yüksek enerji kaynağı olmayıp, yağda çözünen vitaminleri içermeleri, kan lipit düzeyindeki rolleri ve diğer birçok nedenden dolayı önem arz etmektedir (Olcaı vd., 2012). Doymuş yağlardan elde edilen kaloringin %10'dan az olması, yağlardan elde edilen günlük kaloringin ise % 30-35'den fazla olmaması gerekmektedir (Baysal, 2011). Yağların fiziksel, kimyasal ve fizyolojik özellikleri birinci derecede yapısındaki yağ asitlerinin cins ve miktarına bağlıdır (Kayahan, 2009). Yağ asitlerinin fiziksel, kimyasal ve beslenmedeki rolleri de moleküldeki karbon atomu sayısı, doymuşluk derecesi, karbon atomları arasındaki çift bağ sayısı ve karbon atomlarına bağlı hidrojenlerin pozisyonu ile belirlenmektedir (Karabulut ve Yandı, 2006, Karaca ve Aytaç, 2012). Yağlarda bulunan fonksiyonel bileşikleri, hammaddeye bağlı olarak değişmekle birlikte, insan sağlığı açısından önemli esansiyel yağ asitleri, fenolik maddeler ve tokoferoller gibi doğal antioksidanlar, renk maddeleri, steroller gibi lipofilik biyoaktif bileşenler oluŐurmaktadır.

2.2.1. Yağ asitleri

Yağ asidi molekülü bir alkil (-R) ve bir karboksil (COOH) grubundan oluşan genellikle düz zincir yapısında olup, çift sayıda karbon atomu içeren uzun

hidrokarbon zincirleri (2-24 C'lu) alifatik ve monobazik organik asitlerdir (Bailey, 1951; Tükel, 1994). Yağ asitlerinin zincir uzunluğu, çift bağ içerip içermemesi, çift bağ sayısı ve durumu ile fonksiyonel grupları yağların özelliklerini etkileyen başlıca etmenlerdir (Bailey, 1951; Altan, 1989).

Yağ asidi zincirinde bulunan karbon atomları arasındaki bağlanmaların durumlarına göre yağ asitleri, doymuş ya da doymamış yağ asitleri olarak adlandırılırlar. Zincirdeki tüm karbon atomlarının birbirlerine birer bağla bağlandığı yağ asitleri "doymuş yağ asitleri" olarak, buna karşılık zincirdeki karbonlardan iki tanesi ya da daha fazlası arasında çift bağ ($-C=C-$) içeren yağ asitleri ise "doymamış yağ asitleri" olarak adlandırılırlar. Çift bağ içeren doymamış yağ asitleri, zincirdeki çift bağ sayısına göre de bir çift bağlı, iki çift bağlı, üç çift bağlı yağ asitleri olarak gruplandırılırlar. Birden fazla çift bağ içeren yağ asitlerine "çoklu doymamış yağ asitleri" denilir (Altan, 1989). Yağ asitleri bileşimi, bitkisel sıvı yağların saflığının ve karakteristik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yağ endüstrisinde indikatör olarak kullanılmaktadır. Örneğin zeytinyağına tağış amaçlı katılan fındık yağını belirleyebilmek için yağ asidi bileşiminden yararlanılır. Çünkü zeytin ve fındık yağı, kendine özgü yağ asitleri kompozisyonlarına sahiptir (Aparicio ve Aparicio-Ruiz, 2000, Christopoulou vd., 2004). Yapılan literatür araştırmalarında elde edilen veriler doğrultusunda yemeklik bitkisel yağlardan rafine ayçiçek ve fındık yağı, soğuk pres susam ve kabak çekirdeği yağı ve natürel sızma zeytinyağının yağ asidi kompozisyonu Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Yemeklik yağların doymuşluk ve doymamışlık oranları (%)

Bitkisel Yağlar	^a SFA	MUFA	PUFA	^b Kaynakça
Ayçiçek yağı	7.7-14.01	14 - 39.4	48.3 - 74.0	1
Fındık yağı	8.38	71.2	20.242	2
Susam Yağı	14.0 - 14.31	33.56 - 40.0	43.78- 46.0	3,4
Kabak Çekirdeği Yağı	16.90 - 17.61	27.77- 28.9	53.20-53.73	5
Zeytinyağı	12.75- 24.86	58.72 -76.86	9.44- 13.64	6,7

^aSFA:Doymuş Yağ Asidi, MUFA:Tekli Doymamış Yağ Asidi, PUFA: Çoklu Doymamış Yağ Asidi

^b1: Gotor ve Rhazi, 2016, 2: Kesen vd., 2016, 3: Kim vd., 2008, 4: Ozulku vd., 2017, 5: Nederal vd., 2012, 6: Aşık ve Özkan, 2011, 7: Cevik vd., 2014

Çizelge 2.1 incelendiği zaman yağların ise doymamış yağ asitlerince zengin olduğu görülmektedir. Oleojelasyon yönteminde istenen jel yapının eldesi için, kullanılacak yağın bileşimi ve yağ asidi kompozisyonu önem arz etmektedir.

2.2.2. Fenolik maddeler

Fenolikler, bir veya daha fazla sayıda hidroksil (-OH) grubunun bağlandığı benzen halkasına sahip maddeler olarak tanımlanır (Harborne, 1998). Fenolik bileşikler, bütün bitkilerin kendilerini bazı zararlılara ve iklim koşullarına karşı korumada rolü olduğu düşünülen, bitki metabolizması tarafından ikincil metabolit olarak üretilen, genellikle bitkilerin meyve, sebze, tohum, çiçek, yaprak, dal ve gövdelerinde bulunan biyoaktiflerdir (Belitz ve Grosch, 1986, Le Floch vd., 1998, Saldamlı, 1998, Bianco ve Uccella, 2000, Coşkun, 2006, Aydın ve Üstün, 2007, Talay ve Erdoğan, 2018). Yaygın olarak kullanılan ismiyle polifenollerin en basit bileşenini yapısında bir tane hidroksil grubu içeren benzen halkasına sahip fenol oluşturmaktadır (Canbaş, 1983). Diğer fenolik bileşikler de fenolden türemiştir. Fenolik bileşikler, bulunduğu bitkilere “acılık” ve “burukluk” gibi tat özellikleri katmasının yanında, sarı-kırmızı-mavi tonlarındaki renk özelliğini de kazandırmaktadır. Bugüne kadar tanımlanan binlerce fenolik bileşik mevcut olup, hala izole edilip tanımlanan yeni fenolik bileşikler de bulunmaktadır (Cemeroğlu vd., 2001). Fenolik maddeleri;

1. Fenoller, fenolik asitler, fenil asetik asitler
2. Sinnamik asitler, kumarinler, izokumarinler ve kromanlar

3. Lignanlar
4. Flavonoitler
5. Ligninler
6. Taninler
7. Benzofenonlar, ksantonlar ve stilbenler
8. Kuinonlar, betasiyaninler olmak üzere sekiz gruba ayırmak mümkündür (Harborne, 1998).

Bitkiler ve bitkisel gıdalar çok sayıda fenolik madde ve türevlerini ihtiva etmektedir. Gıda bileşeni olarak fenolik bileşikler; insan sağlığı açısından işlevleri, tat ve koku oluşumundaki etkileri, renk oluşumu ve değişimine katılmaları, antimikrobiyal ve antioksidatif etki göstermeleri, enzim inhibisyonuna neden olmaları, değişik gıdalarda saflık kontrol kriteri olmaları gibi birçok açıdan önem taşımaktadırlar. Yüksek antioksidatif etkiye sahip olan bu bileşikler vücutta serbest radikallerden kaynaklanan zararları önlemede etkin rol oynamaktadırlar. Fenolik bileşiklerin antioksidatif etkisi fenol grubundaki –OH grubu sayısı arttıkça artmaktadır (Saldamlı, 1998; Kayahan ve Tekin, 2006; Karadeniz ve Ekşi, 2001). Antioksidatif etkileri sebebiyle gıdalardaki lipid oksidasyonunu engellemek için bütillenmiş hidroksi tolüen (BHT), bütillenmiş hidroksi anisol (BHA) gibi sentetik fenoliklerin kullanımı da gıda endüstrisinde yaygındır. Fenolik bileşiklerin, kalp ve damar tıkanıklığı hastalıklarına neden olabilecek LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein)’nin oksidasyonuna karşı koruyucu etkilerinin olduğu da belirtilmiştir (Visioli ve Galli, 1998). Fenolik bileşikler antioksidan özellikleri sayesinde oksidasyonun önlenmesinde önemli rol almakta ve fenolik bileşiklerin; antiallerjik, antienflamatuar, antidiyabetik, antimikrobiyal, antipatojenik, antiviral ve antitrombotik özelliklerini ve kardiyovasküler hastalıklar, kanser, osteoporoz, diyabet ve nörodejeneratif hastalıklarda koruyucu etkilerini olduğu belirtilmiştir (MacDougall, 2002, Scalbert vd., 2005). Kılcal dolaşım sisteminde geçirgenliği düzenleyici ve kan basıncını düşürücü etkisi göz önüne alınarak bazı kaynaklarda P faktörü (permeabilite faktörü) veya P vitamini olarak da adlandırılmaktadır (Saldamlı, 2014). Gıda bileşeni olarak fenolik maddeler; tat ve koku oluşumundaki etkileri, renk oluşumu ve değişimine katılmaları, antimikrobiyal ve antioksidatif etki göstermeleri ve enzim inhibisyonuna neden olmaları gibi etkilerinden dolayı insan sağlığı açısından önemlidir. Beslenme

fizyolojisi açısından olumlu etkilerinden dolayı fenolik bileşiklere biyoflavonoid adı da verilmektedir (Burak ve Çimen, 1999).

Çizelge 2.2. Yemeklik yağların toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/kg yağ)

Yağlar	Toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/ kg yağ)	^a Kaynakça
Ayçiçek yağı	49	1
Fındık yağı	140-250	2
Susam Yağı	133.42	3
Kabak Çekirdeği Yağı	39.6 - 58.2	4
Zeytinyağı	48.72 - 646.30	5, 6, 7

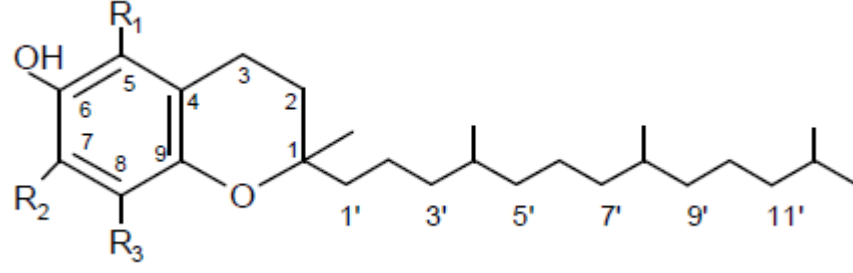
^a1: Janu vd., 2014, 2: Slatnar vd., 2015, 3: Kostadinović Veličkovska vd., 2015, 4: Akın vd., 2018, 5: Yorulmaz ve Tekin, 2009, 6: Aşık ve Özkan, 2011, 7: Cevik vd., 2014

Yemeklik yağlardan rafine ayçiçek ve fındık yağı, soğuk pres susam yağı ve kabak çekirdeği yağı ve natürel sızma zeytin yağının toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/kg yağ)

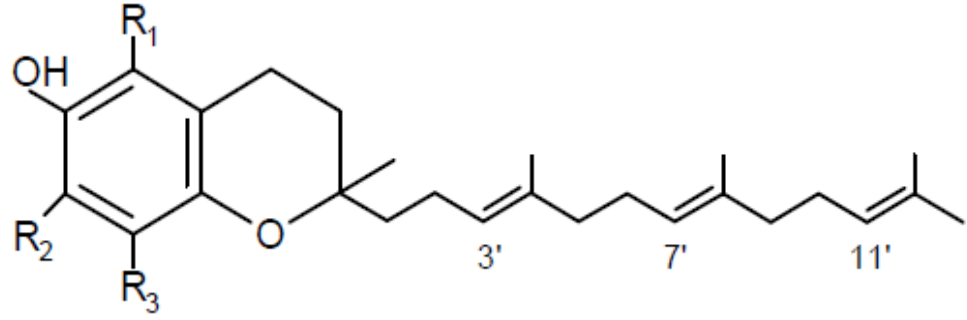
Çizelge 2.2’de verilmiştir. Soğuk pres yağların toplam fenolik madde içeriği rafine yağlara göre daha yüksek bulunmuştur.

2.2.3. Tokoferoller

Bitkisel kökenli yağlarda bulunan ve doğal antioksidanlar olan tokoferoller; metil tokoller ve metil tokotrienoller olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Tokoller (Şekil 2.1) ile Tokotrienollerin (Şekil 2.2) farkı tokotrienollerde zincirdeki 3'-4', 7'-8' 11'-12' karbonlar arasında çift bağların bulunması olarak belirtilmektedir (Bailey, 1951).



Şekil 2.1. Tokoller'in genel formülü



Şekil 2.2. Tokotrienollerin genel formülleri

Tokoferollerden, özellikle α , β , γ ve δ formunda olanlar etkili antioksidanlardır. Bunlardan α -tokoferolün, E vitamini olarak en etkili tokoferol olmasına karşın, antioksidan etkinliği yönünden δ tokoferol diğerlerinden daha üstündür (Altan, 1989). En yaygın olarak bilinen tokoferol α -tokoferoldür. α - tokoferol sarı, viskoz ve kokusuz bir sıvı olup, ısıya karşı stabil, buna karşın asit ve baza karşı dayanıklılığı düşüktür. α -tokoferol, diğer tokoferollere kıyasla yapısında daha fazla hidroksil grubuna sahip olduğu için her türlü oksidatif etkiye son derece duyarlıdır (Kayahan, 2003). Yağ asitleri bileşimi birbirine yakın olan tohum yağlarının içerdikleri tokoferol miktarı ve çeşitleri arasında yakın ilişki bulunmaktadır. Tokoferollerin değişik yağlar için gösterdiği bu karakteristik özellikten yararlanarak, tohum yağları arasında bir taşışın yapıp yapılmadığı saptanabilmektedir (Kayahan, 2003).

Çizelge 2.3. Yemeklik yağların tokoferol bileşimi (mg/kg yağ)

Yağlar	α tokoferol	β tokoferol	γ tokoferol	δ tokoferol	^a Kaynakça
Ayçiçek yağı	153-950	nd-45	nd- 34	-	1
Fındık yağı	382.3 459.69	10.41 - 11.5	38.9 - 97.35	4.82	2, 3
Susam Yağı	-	-	516.0	-	4
Kabak Çekirdeği Yağı	3.66- 4.39	83.00- 86.23	32.3 - 44.7	-	5, 6
Zeytinyağı	128.35- 205.45	0.90-5.45	0.80 - 6.065	0.325	7, 8

^a 1: Gotor ve Rhazi, 2016, 2: Alasalvar vd., 2003, 3: Durmaz ve Gökmen, 2019, 4:Kostadinović Veličkova vd., 2015, 5: Nederal vd., 2012, 6: Akın vd., 2018, 7: Aşık ve Özkan, 2011, 8: Cevik vd., 2014

Yemeklik yağların tokoferol bileşimi (mg/kg yağ) Çizelge 2.3'de verilmiştir. Yağ çeşidine göre tokoferol bileşiminde farklılık çizelgede görülmektedir.

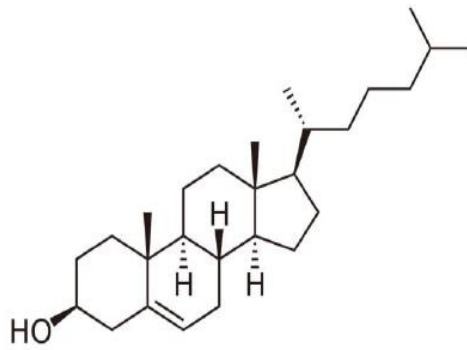
2.2.4. Klorofil ve karotenoidler

Tüm bitkisel dokuların yeşil renkleri klorofil pigmentinden kaynaklanmaktadır. Özellikle yeşil sebzelerde ve olgunlaşmamış meyvelerde bol miktarda klorofil bulunmaktadır (Cemeroğlu, 2001; Minguez-Mosquera vd., 2002b). Klorofil pigmenti sıcaklığa karşı duyarlı olduğu için, ısıtma işlemleri sırasında merkezinde bulunan magnezyum atomunu kaybederek feofitine parçalanır ve yeşil renk kahverengi-sarı bir renge dönüşür (Kayahan, 2003). Ayrıca klorofil molekülü oksijen, ısı, ışık ve enzimlerin uyarıcı etkisi ile kolaylıkla parçalanmaktadır (Del Giovine ve Fabietti, 2005). Klorofillerin parçalanması karotenoidlerden çok daha hızlı gerçekleşmektedir (Boskou, 1996). Klorofil a ve b (1-10 ppm) yağın yeşilimsi renginden, klorofil parçalanma ürünleri olan feofitin a ve b (0.2-24 ppm) ise yağın esmer renginden sorumlu pigmentlerdir (Min vd., 1989). Klorofiller arasında, zeytinyağında ve diğer bitkisel yağlarda miktar olarak en fazla feofitin a (%70-80) bulunmaktadır (Isabel Minguez-Mosquera vd., 1991, Boskou, 1996).

Klorofil ve feofitin, yağın fotooksidasyonunda uyarıcı olarak rol almaktadır (Tan vd., 1997). Klorofil ve feofitin gibi uyarıcılar (ışın enerjisi toplayıcı-aktarıcı) ışık varlığında yağın oksidasyonunu kolaylaştırıp prooksidan olarak görev yapmaktadırlar (Aparicio vd., 1999). Klorofil ışık olan bir ortamda bulunan oksijeni kullanarak feofitine dönüşmektedir. Klorofil, karanlıkta fenolik antioksidanlarla birlikte antioksidan aktivite gösterir ve yağların oksidasyonuna karşı önemli rol oynar (Psomiadou ve Tsimidou, 2001, Velasco ve Dobarganes, 2002).

2.2.5. Steroller

Steroller steroid alkoller olup hem hayvansal hem de bitkisel yağlarda bulunmaktadır. Kimyasal yapı olarak polisiklik alkoller grubundan olan steroller, kısaca “steran halkası” denilen siklopentanopenantren halkasına sahiptir (Şekil 2.3). Bütün sterollerde bu steran halkası ortak, fakat yan zincirler farklıdır. Steroller, sekonder alkol olmaları sebebiyle, doğada hem serbest halde, hem de yağ asitleri ile esterleşmiş olarak bağlı formda bulunurlar (Phillips vd., 2002, Thanh vd., 2006). Doğada bulunan steroller, sentezlendikleri kaynaklara göre, hayvansal organizmada sentezlenenler (zoosteroller), bitkisel organizmada sentezlenenler (fitosteroller) ve küf kaynaklı olanlar (mikosteroller) olmak üzere üç sınıfta gruplandırılırlar (Kayahan, 2003).



Şekil 2.3. Steran halkası (Damirchi vd. 2005)

Steroller bitkisel yağların sabunlaşmayan kısımlarının en önemli bölümünü oluştururlar; çünkü hem miktar yönünden sabunlaşmayan kısmın en büyük bileşen grubudur, hem de yağların saflık derecesi hakkında bilgi verirler (Kochhar, 1983, Aparicio ve Aparicio-Ruíz, 2000). Stanoller ise doymuş sterollerdir. Ulusal ve

uluslararası kodekste ve diğer yasal düzenlemelerde, yağların saflıklarının tespiti için, özellikle sterollerin belirli limitler arasında olması gerektiği belirtilmektedir (Anonymous, 2010).

Sınıflandırmada bitki sterolleri olarak da adlandırılan fitosteroller, meyvelerde, sebzelerde ve bitkisel gıdalarda mevcuttur ve bitki hücre membranlarının temel bileşenleridir (Dağlıoğlu ve Gümüş, 2007; Cantrill vd., 2008). Fitosterollerdeki çift bağların doğal hidrojenasyonu ile oluşan ve dolayısıyla steran halkasında çift bağ bulundurmeyen fitostanoller ise doğada oldukça az miktarlarda bulunurlar. Yalnızca bazı tahıl çeşitlerinin dokularında yüksek oranda mevcuttur. Fitostanollerden yaygın olarak bulunanlar ise sitostanol ve kampestanoldür (Moreau vd., 2002; Dağlıoğlu ve Gümüş 2007; Normén vd., 2007). Ayrıca bitkisel steroller, serum kolesterol düzeyini düşürmesi sebebiyle koroner kalp rahatsızlığının önlenmesinde önemli etkileri olan bileşenlerdendir (Toivo vd., 1998; Piironen vd., 2000; Yücel Özdemir, 2006; Guillaume vd., 2010). Buna bağlı olarak fitosterollerin günlük alımı ne kadar çok olursa, kolesterol emilimi ve serum kolesterol seviyesi de o oranda düşük olur (Guillaume vd., 2010). Bu bağlamda bitkisel sterol içeriğinin arttırıldığı, yeni fonksiyonel gıdaları üretmek için çalışmalar devam etmektedir (Kayahan ve Tekin, 2006; Guillaume vd., 2010).

Çizelge 2.4 Yemeklik yağların toplam sterol miktarı (mg/kg yağ)

Yağlar	Sterol İçeriği (fitosterol mg /kg yağ)	Kaynakça ^a
Ayçiçek yağı	1250-7650	1
Fındık yağı	1130.52	2
Susam Yağı	4612-5352.6	3
Kabak Çekirdeği Yağı	7820.1 -8050.2	4
Zeytinyağı	1200.80- 2762	5, 6

^a 1: Gotor ve Rhazi, 2016, 2: Alasalvar vd., 2003, 3: Özdemir vd., 2018, 4: Akın vd., 2018, 5: Yorulmaz ve Tekin, 2009, 6: Aydın vd., 2020

Yemeklik yağların toplam sterol miktarı (mg/kg yağ) Çizelge 2.4'te verilmiştir. Susam ve kabak çekirdeği yağının sterol içeriği diğer yağlara göre daha yüksektir.

2.3. Bitkisel Yağ Kaynakları

Oleojelasyon işleminde yağın çeşidi, oleojelatörün türü ve oranı son ürünün reolojik, tekstürel ve termal özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Oleojellerin özellikleri birçok farklı değişkene bağlıdır. Oleojel üretiminde kullanılan jelatörlerden vaksları incelediğimizde her vaks tipi karakteristik bir morfolojik kristal boyuta sahip olur. Vakslar arasındaki çeşitlilik, üç boyutlu kristal yapısında farklılıklara neden olmaktadır. Bu farklılıklar ayrıca yağ türlerindeki çözünürlüğü etkileyerek yağ tipi seçimini önemli kılmaktadır. Oleojel üretiminde kullanılan başlıca yağlar ise ayçiçek, mısır, zeytin, fındık ve kanola yağıdır (Chopin- Doroteo vd., 2011; Patel ve Dewettinck, 2015; Ögütçü ve Yılmaz., 2015a; Ögütçü ve Yılmaz, 2015b; Jang vd., 2015).

Oleomargarin üretiminde kullanılacak bitkisel yağ seçimi, yapılan çalışmaya göre değişiklik göstermekle birlikte, yağ asidi profili ve yağların fonksiyonel bileşenleri büyük önem taşımaktadır. Çalışmamızda oleomargarin üretiminde rafine ayçiçek ve fındık yağı, natürel sızma zeytinyağı, soğuk pres susam ve kabak çekirdeği yağı kullanılmıştır.

2.3.1. Ayçiçek yağı

Ayçiçek tohumlarından elde edilen ayçiçek yağı, genelde kızartma yağı olarak kullanılmaktadır. Ayçekirdeği tohumu yağ oranı çeşit, lokasyon, yetiştirme metoduna göre farklılık göstermekle birlikte %40-60 arasında değişim göstermektedir (Dımıç, 2005). TKG'ya göre ayçiçek yağının yağ asidi bileşimi 4.0-7.6 aralığında palmitik asit, 2.1-6.5 aralığında stearik asit, 14-71.8 aralığında oleik asit ve 18.7-74.0 aralığında linoleik asitten oluştuğu bildirilmiştir (TKG, 2012). Ayçiçek yağının bileşimini tekli ve çoklu doymamış yağlar oluşturmakla birlikte bunlardan major yağ asitleri ise linoleik asit (% 50-65) ve oleik asit (30-40) grubudur. Dünyanın en büyük üreticileri Rusya, Ukrayna ve Arjantin'dir. Ayçiçek yağı açık kehribar renginde hafif ve hoş bir aromaya sahiptir. Rafine edilenler açık sarı renginde, bileşimde E vitamini, steroller, squalene ve diğer alifatik hidrokarbonları içermektedir (Christov, 2012). Ayçiçek yağının tercih edilme sebepleri arasında yağ asidi kompozisyonunun % 90'nın üzerinde tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinden oleik ve linoleik asitce

zengin olması, polifenoller, fosfatitler ve A D, E ve K vitaminlerini, steroller, squalene ve diğer alifatik hidrokarbonları içermesi yer almaktadır (Dımıç, 2000; Tasan ve Demirci, 2005; Talal vd., 2013).

2.3.2. Fındık yağı

Fındık yağı, fındık ağacının (*Corylus avellana L.*, *Corylus maksima* ve *Corylus colbina*) meyvelerinden elde edilen, tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerince zengin; fakat doymuş yağ asitleri açısından fakir bir bitkisel yağdır. Fındık yağ oranı % 61.2 olarak bildirilmiştir. Fındık yağı ülkemizde daha çok Karadeniz bölgesinde yemeklik, kızartmalık ve salata soslarında kullanılmaktadır (Alasalvar vd., 2003). Fındık yağının bileşimi açısından incelendiği zaman bileşimi, zeytinyağına benzerlik göstermektedir (Sanchez vd., 2003). Fındık yağı, yağ asidi kompozisyonunu özellikle oleik ve linoleik yağ asitleri, E vitamini olarak da bilinen alfa tokoferol ve sterol içeriğinden dolayı tercih edilen bir yağdır. Tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri ve bunun yanında içerdiği minör bileşenler insan sağlığı ve beslenmesinde önemli rol oynamaktadır. Fındık yağı sahip olduğu tekli doymamış yağ asitlerinden dolayı ile kan basıncını ve kolesterol seviyesini düşürmektedir (Bracco, 1994; Hicks vd., 2001; Yılmaz ve Ögütçü, 2014).

2.3.3. Zeytinyağı

Fonksiyonel yağlardan zeytinyağı, sadece zeytin ağacı *Olea europaea L.* meyvelerinden elde edilen yağlardır. Zeytin meyvesi, % 20-35 oranında yağ içermektedir (Gümüşkesen ve Yemişcioğlu, 2010). Kendine has lezzet ve aroması, yüksek oksidatif stabilitesi ve sağlık üzerine yaptığı olumlu etkiler nedeniyle son yıllarda giderek artan bir ilgi gören zeytinyağı bileşiminin % 98'ini trigliseritler oluşturmakta, % 2'lik kısmını ise serbest yağ asitleri, fenolik maddeler ve tokoferol, steroller, hidrokarbonlar, alifatik ve triterpenik alkoller, uçucu bileşenler oluşturmaktadır. Zeytinyağının temel antioksidanları karotenler, tokoferoller ve fenolik maddelerdir (Servili ve Montedero 2002). Zeytinyağı rengi yeşilden sarıya kadar değişmektedir. Yağın rengini karakterize eden klorofiller ve karotenoitlerdir. Zeytin meyvesinde doğal olarak bulunan pigmentlerin çeşit ve miktarı, zeytinyağı kalitesinde önemli bir parametre olarak görülmektedir. Pigmentler aynı zamanda

otooksidasyon ve fotooksidasyon reaksiyonlarında önemli rol oynarlar (Boskou, 1996). Tokoferoller, yağın oksidatif stabilitesine katkıda bulunmasının yanında biyolojik faydalarından dolayı önemli bileşenlerdendir. Tokoferol miktarı, zeytin çeşidi ve teknolojik uygulamalara bağlı olarak geniş aralıkta değişmektedir. Tokoferoller içerisinde α -tokoferol yağda daha fazla oranda bulunmaktadır. Türkiye’de yapılan bir çalışmada ise çeşitlere göre değişmekle birlikte α -tokoferol miktarı 175.93-396.81 mg/kg arasında tespit edilmiştir (Arslan, 2010). Zeytinyağı fenoliklerinin insan sağlığı açısından önem arz etmektedir (Boskou, 2006). Zeytinyağının başlıca sterolleri β -sitosterol, $\Delta 5$ -avenasterol ve kampesteroldür (Fedeli, 1977, Itoh, 1981). Bunların yanında düşük miktarlarda stigmasterol, kolesterol, 24-metilenkolesterol, $\Delta 7$ -kampesterol, $\Delta 5,23$ -stigmastadienol ve $\Delta 7$ -avenasterol bulunmaktadır (Itoh vd. 1981). Stabiliteye ve sağlık üzerine faydalı birçok bileşeni içeren zeytinyağının tüketici tarafından tercih edilmesinde en büyük etkenlerden biri de onun uçucu aroma bileşenleridir. Aroma, sadece tat ve kokudan ileri gelen duyuşsal bir olgudur (Bayrak, 2006). Zeytinyağının majör bileşenlerinden yağ asitlerinin, oleik asitçe zengin olması ve zeytinyağının doğal antioksidan içeriği, zeytinyağını kalp ve damar hastalıkları, kolesterol, yüksek tansiyon ve diyabet gibi sorunların kontrolünde önemli bir gıda maddesi haline getirmektedir (Yılmaz, 2001; Anonymous, 2007; Aşık ve Özkan 2010).

2.3.4. Susam yağı

Diğer bir fonksiyonel yağ olan susam yağı hem yağ kalitesi hem de sağlık açısından faydalı yağlardan birisidir. *Sesamum indicum* L. türüne ait olan susam tohumları, tahin ve helva yapımında, ticari fırıncılık ürünlerinden kraker, kek ve pastacılık ürünlerinde kullanılmaktadır (Nzikou vd., 2009). Susam tohumu yüksek seviyede yağ (% 50) ve protein (%25) içermektedir. Susam tohumunun kimyasal kompozisyonu çeşide, orjine, rengine ve susam boyutuna göre değişiklik göstermektedir. Susam yağı yüksek doymamış yağ asitlerine sahip olmasına rağmen doğal antioksidanlardan dolayı en stabil yemeklik yağlardan birisidir. Susam yağı oleik ve linoleik yağ asidi grubuna sahiptir. Susam yağının toplam yağ asidinin % 20’den azını doymuş yağ asitlerinden palmitik (%7.9-12) ve stearik asit (%4.8-6.1) oluştururken, % 80’den fazlasının oleik asit (%35.9–42.3) ve linoleik asit (%41.5–47.9) oluşturmaktadır. Susam yağı diğer bitkisel yağlarla kıyaslandığında daha

yüksek (%2) sabunlaşmayan maddelere sahiptir. Sabunlaşmayan maddeleri; steroller, triterpenler ve triterpen alkoller, tokoferol ve susam lignanları (sesamol, sesamin ve sesamolin) oluşturmaktadır. Sterol esterler baskın formda bulunmaktadır. Beta sitosterol susam yağında bol miktarda bulunmaktadır. Kampesterol, stigma sterol, $\Delta 5$ avenesterol, $\Delta 7$ avenesterol ve $\Delta 7$ stigmasterol azalan miktarlarda bulunmaktadır (Kamal-Eldin vd., 1995).

2.3.5. Kabak çekirdeği yağı

Özellikle Amerika’da kabak çekirdeği yağı tadı ve lezzetinden dolayı yemeklik yağ olarak kabul edilmektedir (Fruhworth ve Hermetter, 2007). Kabak çekirdeği yağ asidi kompozisyonu çoklu doymamış (% 45.67) ve tekli doymamış yağ asitleri (% 35.96) ve doymuş yağ asitlerinden (% 18.56) oluşmaktadır (Fruhworth vd., 2003). Tokoferol kabak çekirdeği yağında bulunan major lipofilik antioksidandır ve kabak çekirdeği yağı önemli ölçüde E vitamini türevleri, tokoferol ve tokotrienol içerir (Murkovic vd., 2004). Kabak çekirdeği yağında potasyum, magnezyum, kalsiyum ve sodyum gibi çeşitli mineraller bulunmaktadır (Schuster vd., 1983). Kabak çekirdeği yağı ise yağ asidi kompozisyonu, tokoferol, tokotrienol ve mineral madde içeriğinden dolayı tercih edilmiştir.

2.4. Oleojel Üretiminde Kullanılan Jelleştirme Ajanları (Oleojelatör)

Oleojelasyon ve yağ yapılandırma, kullanılan jelatörlerin moleküler özelliklerine (düşük molekül ağırlıklı organik bileşikler, polimerik bileşikler ve inorganik bileşikler), jelatörlerin kimyasal tipine (lipit ve lipit bazlı olmayan oleojelatör), kullanılan jelator sayısı (mono bileşen ve karma sistem jelleri) ve jelasyonda yer alan yapı blokları ve yapılandırma prensiplerine (kristalin parçacık ve ağ oluşumu, kendinden-montajlı kristal veya kristal olmayan ağ, parçacık dolgulu ağ ve polimerik şeritler) dayanarak, oleojelatörler kategorize edilmektedir (Marangoni ve Garti, 2011). Bu jelleştirici ajanları sınıflandırdığımız zaman polimerik jelatörler (etil selüloz), lipit bazlı (yağ asitleri, fosfolipitler, seramitler ve monoaçilgliserol, diaçilgliserol) ve lipit bazlı olmayan (fitosterol, γ -orizanol, vakslar ve sorbitol) jelatörler olarak sınıflandırılmaktadır (Rogers vd., 2014). Oleojel ajanı seçilirken; güvenilir olmasına (GRAS), gıdaya uygun olmasına, ekonomik olmasına, düşük

oranlar da etkili olmasına ve kullanılacağı yağın fiziksel özelliklerine uygun olmasına dikkat etmek gerekmektedir (Co ve Marangoni, 2012). Şimdiye kadar yapılan araştırmalarda bitkisel yağların jelleştirilmesinde kullanılan çeşitli yapılandırıcılar arasında doğal vakslar yağ bağlama özellikleri, ekonomik değeri ve gıdalarda kullanım izni nedeniyle tercih edilmektedir. Dahası, vaksları kullanarak oluşturulan jellerin termo-dönüşüm özelliği (sıcaklığın bir fonksiyonu olarak jelsol geçiş) ve yağda su emülsiyonlarının stabilizasyonunu sağlaması yağlar için yapılandırıcı maddeler olarak kullanılmasında önem arz etmektedir (Patel, 2015). Vaks bazlı oleojeller, basit bir dispersiyon yöntemi kullanılarak hazırlanmaktadır. Vaksın yağ içerisindeki sıvı dispersiyonu, vaksın erime aralığının üzerinde, katı vaks partikülleri tamamen eriyene kadar ısıtılmakta ve bu sıcaklıkta, berrak yağ dispersiyonu oluşuncaya kadar sürekli karıştırılarak ve sonrasında düşük sıcaklığa (5 °C) soğutularak elde edilmektedir (Patel, 2015). Kimyasal olarak, vakslar ana bileşenleri vaks esterleri, hidrokarbonlar, yağ asitleri, yağ alkoller ve yağ alkollerinin esterleri, sterol esterleri ve ketonlardan oluşmaktadır. Vakslar çok bileşenli yapıya sahip olmasından dolayı, vaksların belli erime noktaları yerine içerdiği majör bileşenlere göre erime aralıklarında farklılık göstermektedir (Patel, 2015). Bitkisel kaynaklı vaks esterleri, geniş kullanım ağına sahip olmakla birlikte %1-4 gibi düşük oranlarda da jelleşebilmektedir. Yapılan çalışmalarda, vaks türünün kimyasal yapısının, jelin ağ özelliklerini etkilediği gösterilmiştir (Blake vd., 2014). Vaks jelleştiriciler, vaks kaynağına bağlı olarak farklı n-alkanlar, yağlı alkoller ve yağ asitleri fraksiyonlarından oluşur ve bu bileşenlerin oranları jelleşmede belirleyici bir rol oynamaktadır. Vaks esterleri, TAG ile karşılaştırıldığında düşük oranlar da yenebilir yağlarda trombosit veya iğne şeklinde kristaller oluşturur ve sağlık üzerine olumsuz etkileri yoktur (Toro-Vazquez vd., 2007). Daniel ve Rajasekaran, doymuş vaks esterlerinin yemeklik yağlar, uçucu yağlar ve hidrokarbonlar ve bunların yağ asidi muadilleri ile yapılandırma potansiyeline sahip olduklarını belirtmişlerdir (14-22 zincir uzunluğuna sahip alkoller ile esterlenmiş behenik asit (C 18:0). Oleojel oluşumu için vaks esterlerinin zincir uzunluğu arttıkça jellleşmesi için gerekli miktarın azaldığı tespit edilmiştir (Daniel ve Rajasekharan, 2003). Oleojel yapımında kullanılan jel ajanları; kendiliğinden oluşan düşük molekül ağırlıklı organik bileşenler, kendiliğinden oluşan polimerik bileşenler, kristal parçacıklı sistemler ve inorganik bileşenlerden oluşmaktadır (Patel ve Dewettinck, 2015). Doğal vakslar da kendi içerisinde, bitkisel mumlar, hayvan mumları, böcek mumları, mikroorganizma

mumları ve mineral mumlar olarak ayrılmaktadır. Mineral mumlara örnek olarak parafin, hayvansal mumlara, balmumu ve bitkisel mumlara örnek olarak Candelilla ve Carnauba mumları sayılabilir (Bennett, 1963; Wolfmeier vd, 2002).

2.4.1. Karnauba vakası

Bitkisel kaynaklı iyi bir jelleştirici olarak bilinen karnauba vakası Brezilya vakası ya da palm vakası olarakta bilinir. Palmiye yaprakları toplanır kurutulur ve vakası elde etmek için kurutulan yapraklar dövüldükten sonra rafine edilerek vaks üretilir (Steinle, 1936; Wolfmeier vd., 2002). Vaksların kraliçesi olarak bilinir ve genelde saf halde sert sarı-kahverengi ince tabakalı form yapısında bulunur (Parish vd., 2002). FDA'ya göre GRAS statüsünde bir materyaldir. Karnauba vaksının bileşimini sırasıyla vaks esterleri, serbest yağ alkoller, serbest yağ asitleri, hidrokarbonlar oluşturmaktadır (Blake vd., 2014, Patel, 2015). Karnauba çoğunlukla alifatik esterler, 4-hidroksisinamik asit diesteri, ω -hidrokarboksilik asit ve yağ asidi alkollerini içerir. Bileşikler esas olarak C26-C30 aralığındaki asit ve alkollerden oluşmaktadır. Metoksisinamik içeriğinin yanında diesterlerin yüksek içeriği karnauba vakslarında ayırt edicidir (Wolfmeier vd., 2002). Otomobil, ayakkabı cilası, şekerleme kaplamaları, mobilya cilası gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Erime noktası 78-88 °C arasında değişim göstermektedir (Vandenburg ve Wilder, 1970).

2.4.2. Balmumu vakası

Organik bir vaks olan Balmumu vakası *Apis mellifera* L. cinsi arıların ürettiği organik bir mumdur (Grant, 2005). Balmumu vakası dünya çapında E-901 gıda katkı maddesi olarak onaylanmış ve Gıda İlaç İdaresi (FDA Yönetmeliği altında 21 CFR 184.1973) tarafından belgelendirilmiştir. Balmumu vakası gıda endüstrisinde stabilizatör, sakız bazlı ürünlerde dokulaştırıcı, gıda katkı maddeleri için taşıyıcı (tatlar ve renkler) ve aynı zamanda bulutlanma, kaplama ve ayırma ajanı olarak da görev yaptığı belirtilmiştir. Balmumu vakası bileşimi üzerine yapılan çalışmalar sonucunda vaks kompozisyonunun %70-71'ini esterler, %1-1.5'ini serbest alkoller, %9-11 'ini serbest asitler ve %12- 15'ini hidrokarbonların oluşturduğu bildirilmiştir (Grant, 2005; Bogdanov, 2009; Patel, 2015).

2.4.3. Kandelilla vaksı

Kuzey Meksika ve Güneybatı Amerika'ya özgü küçük bir çalı türü olan *Euphorbia cerifera* ve *Euphorbia antisyphilitica* bitkilerinin yapraklarından elde edilen kandelilla vaksı (CW) FDA tarafından (21CFR, 175.105, 175.320, 176.180 yönetmelikleri uyarınca) bir gıda katkı maddesi olarak onaylanmıştır. Tipik bir camlama maddesi olarak kullanılan kandelilla vaksı, sakız için bağlayıcı özellik gösterir ve farklı gıda sistemlerinde karnauba ve balmumu vaksı yerine de kullanılabilir. Kandelilla vaksı bileşimini, yüksek oranda hidrokarbonlar (% 50-65), vaks esterleri (% 27-35) serbest yağ alkoller (% 10-15) ve serbest yağ asitleri (% 7-10) oluşturmaktadır ve kandelilla vaksının erime noktası 60-73 °C aralığındadır (Marangoni, 2012, Blake vd., 2014).

2.4.4. Şellak vaksı

Şellak, doğal bir hidrofobik biyopolimer olan ve hidroksi yağ asitleri ve seskiterpen asitlerini içeren dişi böcek *Lacifer lacca*'nın reçineli bir salgısı sonucunda üretilen bir vaksıdır. Gıdalarda, kozmetik ürünlerde ve ilaçlarda kaplama olarak kullanılmasına izin verilen bu vaks, iyi bir film oluşturma kapasitesi, yüksek parlaklık kazandırma ve düşük geçirgenlik gibi özelliklere sahiptir (Patel vd., 2011; Wei vd., 2015; Chen vd., 2018).

2.4.5. Ayçiçek vaksı

Ayçiçek vaksı, ayçiçek yağı işleme sırasında elde edilen yan üründür. Dünya çapındaki ayçiçeği vaksının mevcut potansiyeli belli değildir, ancak ayçiçek yağı üretiminden tahmin edilebilir (Blake vd., 2014). Bileşimi büyük oranda (≥ 97) vaks esterlerinden oluşur ve erime noktası 74-77 °C aralığındadır (Martini ve An, 2000).

2.4.6. β -Sitosterol ve γ -orizanol

Bitki sterolleri ve sterol esterleri, bitkisel yağlarda doğal olarak düşük seviyelerde bulunan bileşenlerdir. β -Sitosterol, çok çeşitli bitkisel yağlarda bulunurken, γ -orizanol, pirinç kepeği yağının bir bileşenidir. Esterleştirilmiş bir formda, β -sitosterol

ile aynı zamanda bir dizi gıdada kandaki kolesterol düşürücü aktif bileşen olarak bilinmektedir. Bu moleküller, bir tarafta eklenmiş bir alkil zincirine sahip bir sterol grubundan oluşmakta ve diğer tarafta γ -oryzanol ferulik asit parçasından oluşmaktadır. β -Sitosterol ve γ -orizanol moleküllerinin, esas olarak androsterol gruplarını hizalayabildikleri gösterilmiştir (Pernetti vd., 2007, Laredo vd., 2011).

2.4.7. Etil selüloz

Etil selüloz (EC), son derece etkili bir polimerik oleojelatör olarak tanımlanmıştır. EC, yağda katı elastik bir jel oluşturabilir. EC, 1,4-p-D-glukoz birimlerinin, 2, 3 veya 6'da karbonlarında etioksi ikameli doğrusal bir polimeridir. Selülozdan sentezlenir ve ikame derecesi 2.3–2.6'ya ulaştığında (3 üzerinden) EC organik yağlarda çözünür hale gelir. EC, bitkisel yağa ilave edildiği zaman çözünme göstermez ancak camısı geçiş sıcaklığının (yaklaşık 140 ° C) üzerinde ısıtıldığında kolloidal bir yapı oluşturur ve daha sonra soğutulduğu zaman bir oleojelin oluşturulabileceği bulunmuştur. (Stortz vd., 2012, Rogers vd., 2014).

2.4.8. Hidroksistearik asit

12-Hidroksistearik asit (12-HSA), yağda kristalleştirildiğinde kendiliğinden toplanan, molekül ağırlığının % 0.5-2.0 kadar düşük miktarlarda eklendiğinde bile yağı jelleştiren bir supramoleküler yapıya yol açan düşük moleküler ağırlıklı bir jelatördür. 12-HSA, 12. karbonda hidroksil grubuyla stearik asitten oluşur ve doğal olarak kastor tohumu yağından elde edilir. 12-HSA jelleri için, yağa organojelatör ilave edilir ve 12-HSA eriyinceye kadar beklenir ve jel daha sonra soğumaya bırakılır (Dassanayake vd., 2011).

2.4.9. Karbonhidrat bazlı jelatörler: sorbitan monostearat

Karbonhidrat bazlı jelatörlerin çoğunun biyolojik olarak uyumlu olduğu düşünülür, ancak bu jelatörlerin güvenliği konusunda çok az araştırma yapılmıştır. Karbonhidrat bazlı jelatörler biyolojik maddeler olarak kabul edilir ve bu maddeleri şeker alkolleri ve sorbitol türevleri oluşturmaktadır. Bir hidrofobik non-iyonik yüzey aktif madde olan SMS; kanola, susam ve zeytinyağı gibi bir dizi organik çözücü ile oleojeller

oluşturmaktadır. Gıda endüstrisinde bir emülgatör olan SMS, yağda su emülsiyonlarını destekleyen yaklaşık 4.7'lik bir hidrofilik-lipofilik dengeye (HLB) sahiptir. SMS oleojeller opaktır, termo-dönüşümlü yarı katı bir yapıya sahiptir ve oda sıcaklığında haftalarca kararlıdır (Dassanayake vd., 2011).

2.4.10. Monoağılgliceroller

Gliserol molekülüne ester bağı ile kovalent bağlanmış yağ asidinden oluşan monoağılgliceroller (MAG'ler), gıda ürünlerinde kullanılan polar lipit emülgatörleridir. MAG termal uygulamalarda su varlığında sürülebilir ürün olarak kullanılan oleojel oluşturabilir. MAG'ler ilk olarak MAG-su karışımının Kraft noktasının üstünde (amfifilik bir bileşiğin suda erime sıcaklığı) ısıtılmasıyla lamellar faza dönüştürülür. Bu işlemde, lamellar sıvı kristal fazın şişmiş, boşluk doldurma sistemini oluşturmak için MAG'nin hidrasyonu gerçekleştirilir. Oleojel, kristalleşme için şablonu temsil eden lamel yapılardan büyüyen, MAG'ların plaka benzeri kristallerinden oluşan bir kristal ağı tarafından soğutulduktan sonra oluşur (Dassanayake vd., 2011).

2.5. Olejellerin Gıda Uygulamaları

Organik fazların jelleştirilmesi ile oluşan jel yapı gıda dışı alanlarda kozmetik ve ilaç endüstrisinde uzun yıllardan beri kullanılmakla birlikte, tüketilebilir bitkisel yağlarla uygulanması yeni bir alandır (Lupi vd., 2012, Ögütücü ve Yılmaz, 2012, Burkhardt vd., 2016, O'Sullivan vd., 2016). Katı yağlar, gıda endüstrisinde gıdalara fonksiyonel özellikler kazandırmak amacıyla kullanılan önemli bir gıda maddesi grubudur. Genel olarak katı yağların, sıvı yağlara göre oksidatif stabilitelerinin yüksek olması ve bazı fonksiyonel özelliklere sahip olmaları gibi üstünlükleri bulunmaktadır (Nas, 2001). Gıda formülasyonunda yağın temel fonksiyonel rolü, ürüne yapı kazandırmak ve sonuç olarak, bitmiş ürünlerde tekstürel (sertlik, yayılabilirlik vb.) ve organoleptik özellikleri (ağızda erime etkisi, soğuma etkileri, emülsiyon kırılması ve lezzet serbest bırakma vb.) ve pişirme yağı gibi ara kullanım ürünlerindeki stabilizasyonunu (glüten ağını önleyerek hava katılımını artırır) sağlamaktır (Ögütücü ve Yılmaz, 2012, Patel ve Dewettinck, 2016). Katı yağların sürülebilirlik, plastiklik, elastikiyet gibi fonksiyonel özellikleri gıda uygulamalarında önemli rol oynamakta ve son

ürünün lezzet ve raf ömrü üzerinde belirleyici olmaktadır (Dassanayake vd., 2011). Yapıya bağlı diğer işlevleri, düşük moleküler ağırlıklı biyoaktif maddelerin (nutrasötiklerin kontrollü olarak verilmesi için) fiziksel olarak sıkışmasını, yağ hareketliliğini ve göçünü kontrol etmeyi de içermektedir (çikolata ürünlerinin stabilizasyonu). Günümüzde tüketicilerin düşük yağlı gıdalara olan taleplerinin giderek artması, gıdalarda yağın azaltılmasını ve kullanılan yağın doymamış yağ asitleri açısından zenginleştirilmesini zorunlu hale getirmiştir (Demirkesen, 2017). Yapılandırılmış yağ sistemlerinin özellikle gıda sektörü içerisinde; margarin ikamesi olarak, unlu mamullerde, çikolata ürünlerinde, süt ürünlerinde ve emülsifiye et ürünlerinde kullanımına ilişkin çalışmalar literatürde yer almaktadır (Co ve Marangoni, 2012, Ögütçü ve Yılmaz, 2012, Patel ve Dewettinck, 2016, Demirkesen, 2017, Pehlivanoglu vd., 2018).

2.5.1. Margarin ve şortening ikamesi olarak kullanımı

Ülkemizde kahvaltılık ve paket margarin tüketimi sürekli azalma göstermektedir. Bu nedenle trans içeriği düşürülmüş, omega-3 katkılı, zeytinyağı ilaveli vb. değişiklikler sunan birçok ürün üretilerek tüketicinin dikkati çekilmeye çalışılmaktadır. Toplum sağlığının önemini kavrayan ülkelerde, trans yağ asidi içermeyen veya çok düşük düzeylerde içeren margarin ve şortening formülasyonları geliştirilmekte, bu tip ürünlerin üretim ve tüketimi her geçen gün yaygınlaşmaktadır (Gürcan, 2002; Yüksel, 2010). Diğer taraftan endüstriyel gıda maddelerindeki (kek, bisküvi, milföy, cips, gofret, kraker, kurabiye, şekerleme, mayonez, kızartma, pastacılık gibi çeşitli ürünlerde) tüketim miktarlarının artışı bu ürünlerde kullanılan endüstriyel katı yağların (lipid şorteningler) tüketim miktarını da arttırmaktadır (Yüksel, 2010). Tüketiciler ve gıda endüstrisi için trans yağ içermeyen ve margarine ikame bir ürün olan oleojel örnekleri büyük önem arz etmektedir. Farklı yağ kaynakları ve jelleştirici oleojelatör kullanılarak üretilen oleojel örneklerinin, margarine ve şortening gibi katı yağlara ikame olup olamayacağı üzerine yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Hwang vd., (2012) tarafından yapılan bir çalışmada oleojelatörün oleojel oluşturmada etki mekanizmasını belirlemek amacıyla bitkisel mumlar (Candelilla, Carnauba, ayçiçek, pirinç kepek) hayvansal mumlar (balmumu) ile soya yağı

kullanılarak elde edilen oleojellerin hidrojene bitkisel yağlar ile karşılaştırıldığı belirtilmiştir. Çalışmada oleojelatör olarak kullanılan mumlardan en iyi sonuç veren jelatör maddenin ayçiçek mumu olduğu ve % 0.5 oranda oleojel oluşturabildiği vurgulanmıştır. Soya yağı ile % 0.5 – 10 aralığında farklı oranlarda ayçiçek mumu katılarak oluşturulan oleojellerin ergime noktalarının 47 – 65 °C arasında değiştiği bildirilmiştir. Çalışmada kullanılan diğer oleojelatörlerin soya yağında minimum jel oluşturma oranlarının kandelilla mumu için % 2, karnauba mumu için % 4, balmumu için % 2, pirinç kepek mumu için % 1 Japon mumu için % 5, dut mumu için >% 10 ve şellak mumu için % 5 olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca mumların oleojelatör olarak kullanıldığı oleojel sistemlerinde jel oluşumunun kullanılan jelatör maddenin saflığına ve detaylı kompozisyonuna bağlı olduğu rapor edilmiştir. Mum esterlerinin yapısal özelliklerinin jel oluşumunu önemli oranda etkilediği ve kısa alkil zincir uzunluğuna sahip mum esterlerine göre uzun alkil zincirine sahip mum esterlerinin daha iyi jel oluşumu gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmada soya yağı ile % 1 ile % 6 arasında değişen oranlarda oluşan sertlik (sıklık) değerlerinin 20 - 350 g kuvvet arasında değiştiği rapor edilmiştir. Ayrıca geliştirilen soya yağı ayçiçek mumu oleojellerinin sertlik değerlerinin mum oranına ve soğutma oranına bağlı olarak arttığı vurgulanmıştır. Çalışmada sonuç olarak bitkisel likit yağlar ve ayçiçek mumu kullanılarak elde edilen oleojellerin margarin ve shortening gibi trans ve doymuş yağ oranı yüksek katı yağların yerine kullanılabileceği rapor edilmiştir (Hwang vd., 2012).

Yılmaz ve Öğütçü (2014) çalışmasında %3, 7, 10 oranında ayçiçek ve balmumu vaksını zeytinyağına ekleyerek elde edilen oleojel ile kahvaltılık margarinin özelliklerinin karşılaştırılmasını amaçlamışlardır. Balmumu vaksı ile elde edilen organojeller 4 ve 20° C olmak üzere iki sıcaklıkta depolanıp peroksit değeri ve tekstürel özellikleri 3 ay boyunca gözlemlenmiştir. Tüm oleojellerde peroksit değerleri yasal limitler içerisinde bulunmuş ve jel yapısının 3 ay depolama periyodu boyunca sabit kaldığı belirtilmiştir. Tekstürel özellikleri incelendiğinde ise % 3 oranında ayçiçek vaksı, % 7 balmumu vaksı ile yapılan oleojeller ile kahvaltılık margarinin tekstürel özelliklerinin birbirlerine yakın değerlere sahip oldukları tespit edilmiştir. Katı yağ içeriği ise oleojellerde kahvaltılık margarinden daha düşük bulunmuştur. Oleojel örneklerinin termal özellikleri incelendiği zaman %3 oranında balmumu vaksı kullanılarak üretilen oleojel örneklerini termal özelliklerinin kahvaltılık

margarin özelliklerine benzer olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak ayçiçek ve balmumu vaksı ile hazırlanan ve oleojellerin kahvaltılık margarinin yerini alabilecek özelliklerde olduğu bildirilmiştir (Yılmaz ve Ögütçü, 2014b)

Ögütçü ve Yılmaz (2014), ayrıca monodigliserit ve karnauba vaksı ile sızma zeytinyağını jel formuna getirerek kahvaltılık sürülebilir katı yağlar ile kıyaslamış olup, %7 veya daha düşük oranlardaki vaks ekleme seviyelerinin istenen termal ve tekstrüel özelliklere sahip oleojelleri üretmek için yeterli olacağını belirtmişlerdir.

Ögütçü ve Yılmaz (2014) çalışmasında karnauba vaksı ve monogliserid oleojelatörleri (%3, %7 ve %10 oranında) sızma zeytinyağına ilave edilerek hazırlanan oleojel örneklerinde sürülebilirliği en uygun ürünü belirlemeyi amaçlamışlardır. Monogliserit ile hazırlanan oleojellerin yağ bağlama kapasiteleri karnauba vaksı ile hazırlananlardan daha yüksek tespit edilmiştir. %3 'lük oranda karnauba vaksı jel oluşturamamıştır. %10 oranda monogliseritle hazırlanan oleojellerde en yüksek katı yağ içeriği %9.38 olmasına rağmen, ticari kahvaltılık margarinlerde bu oran %12.5'dir. Tüm oleojeller arasında ergime noktası olarak margarine (47.11 °C) en yakın değere 48.70 °C ile % 7'lik monogliserit içeren jel yapıda ulaşılmıştır. Oleojel örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerleri margarininkinden daha düşük saptanmış ve depolama süresince tektürel parametrelerde önemli bir değişiklik olmamış ve ürünler yapısal kararlılık göstermiştir. Işık mikroskopunda karnauba vaksı oleojelleri çubuk benzeri, monogliseritler için rozet benzeri kristal oluşumu gözlemlenmiştir. Örneklerin X ışını kırınım modelleri, oleojeller için β' -tipi polimorfik bir yapı ortaya çıkarmıştır. Bu oleojellerin sürülebilir kahvaltılık benzeri ürün olarak kullanılabileceği ve sağlıklı yağ ile yeni bir tüketim alışkanlığı ortaya çıkarabileceği belirtilmiştir (Ögütçü ve Yılmaz, 2014).

Başka bir çalışmalarında ise balmumu vaksı ve monogliserid oleojelatörleri ile fındık yağı kullanarak ürettikleri oleojel örneklerini karakterize ederek ticari olarak kullanılan şortening ile kıyaslamışlardır. Elde ettikleri oleojel örneklerinin büyük çoğunluğunun yağ bağlama kapasiteleri %99'un üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Oleojelatör seviyesi arttıkça kristallenmesi için gereken süre azalmış, fakat katı yağ içeriği artmıştır. Oleojel örneklerinin katı yağ içeriği en yüksek % 8.52 olarak, ticari şorteningin katı yağ içeriği ise %30.35 olarak saptanmıştır. Erime noktası ticari

şorteningin 41.86 °C olarak tespit edilmiş ve oleojel örnekleri ile yakın bulunmuştur. Tekstürel değerlerinden sertlik ve yapışkanlık değerleri 90 gün depolama boyunca ölçülmüş ve önemli bir değişiklik olmamış, yapı stabilitesini korumuştur. Polarize ışık mikroskobu resimlerinde, balmumu için iğne benzeri kristaller, monogliserit örnekleri için rozet benzeri kristaller ortaya çıkmıştır. Kristallerin X-ışını difraksiyon ölçümleri de iki tipin farkını göstermiş ve kızılötesi spektrumlarından tahmin edildiği gibi sadece monogliserit oleojellerinde hidrojen bağı tespit edilmiştir. Oleojel örnekleri depolama süresince oksijene karşı stabilitesini korumuştur. Fındık yağı oleojellerinin katı yağ olarak şortening ya da margarin benzeri ürün olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Yılmaz ve Ögütçü, 2014a).

Ögütçü ve Yılmaz'ın (2015) diğer bir çalışmasında ise karnauba vaksı ve monogliseridi (%3, %7 ve %10) nar çekirdeği yağına ekleyerek elde edilen oleojeller ile ticari margarinle karşılaştırmış ve oleojellerin 3 aylık depolama sırasında stabilitesini araştırmışlardır. %3'lük vaks ilavesinde jelleşme görülmemiştir ve kullanılan vaks oranı arttıkça yağ bağlama kapasitesi artış göstermiştir. Oleojellerin tekstürel yapıları incelendiğinde karnauba vaksı oleojellerinin monogliserit ile hazırlanan oleojellerden daha sert olduğu tespit edilmiştir. Oleojellerin sürülebilir ürün potansiyeline sahip olduğu saptanmıştır (Ögütçü ve Yılmaz, 2015a).

Ögütçü vd. (2015)'nin başka bir çalışmasında balmumu, karnauba vaksı ve morina karaciğer yağı ile oleojeller hazırlamış ve bu oleojelleri ticari margarinle karşılaştırmışlardır. Bu çalışmanın amacı, morina karaciğer yağı ile karnauba vaksı kullanılarak oleojel oluşturmaktır. Bu amaçla oleojeller oda şartlarında ve buzdolabı şartlarında 3 ay boyunca depolanıp elde edilen veriler ticari margarinle kıyaslanmış, margarin benzeri sürülebilir bir ürün olup olmadığı değerlendirilmiştir. Elde edilen oleojel örneklerinin fiziksel özelliklerinden yağ bağlama kapasiteleri, balmumu vaksı ile hazırlanan oleojel örneklerinde % 99'un üzerinde iken karnauba vaksı ile hazırlananlarda % 91.28 olarak belirlenmiştir. %10 karnauba vaksı ilave edilerek hazırlanan oleojellerin erime noktaları ticari margarin erime noktasına (~45 °C) yakın tespit edilmiştir. Oleojel örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerleri margarininden düşük saptanmış ve tekstürel parametrelerde depolama boyunca önemli bir değişiklik tespit edilmemiş ve iyi bir stabilite sağlamıştır. Bu çalışma ile balık yağlarında oleojel üretiminde kullanılabileceği belirtilmiştir (Ögütçü vd., 2015).

Pehlivanoglu vd. (2017) çalışmasında ayçiçek yağı, yüksek oleik asit içeriğine sahip ayçiçek yağı ve karışım yağ (blend) ile karnauba vaksı kullanılarak elde edilen oleojellerin reolojik özellikleri margarinler ile karşılaştırılmıştır. Oleojel üretiminde karışım yağ farklı oranlarda ayçiçek ve yüksek oleik asit içerikli ayçiçek yağı ile karıştırılarak karışıma yaklaşık % 5 oranında karnauba vaksı ilave edilerek margarin ile benzer proses ile oleojel üretimi gerçekleştirilmiştir. Oleojellerin ve laboratuvar şartlarında üretilen margarinlerin yağ asidi kompozisyonu, katı yağ içeriği, reolojik ve testürel özellikleri belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Oleojellerin doymamış yağ asidi miktarı margarine göre daha fazla bulunmuştur. Çalışma ile oleojellerin özelliklerinin (reolojik ve dokusal) ticari margarinler ile benzer olduğu ve oleojellerin margarinler yerine kullanılabileceğini göstermiştir (Pehlivanoglu vd., 2017).

2.5.2. Unlu mamüllerde kullanımı

Ekmek, bisküvi, hamur işi ve kek gibi unlu mamüllerin üretimi için farklı tipte yağlar kullanılmaktadır. Ürün çeşidinden bağımsız olarak, şortening ve margarin fırıncılıkta en çok kullanılan iki katı yağ sınıfıdır. Pişirme yağlarının fonksiyonel rolleri oldukça karmaşıktır. Özellikle, yapılandırılmış yağ, hamurdaki protein (glüten) ve nişasta ağının sürekliliğini kırmakta ve pişmiş ürünlerde sıkı olmayan bir doku oluşumunu sağlamaktadır (Patel ve Dewettinck, 2016). Unlu mamüllerin hazırlanmasında önemli miktarda katı yağ kullanıldığı için, bu ürün kategorisi katı yağın yapılandırılmış yağ ile ikame edilmesinden büyük ölçüde faydalanacaktır. Buna göre, yapılandırılmış yağın fırıncılık uygulamalarını araştırmak, gıdaların sağlıklı yapılandırılması alanında çalışan araştırmacılardan büyük ilgi görmektedir. Bu çalışmaların çoğunda, hamur özelliklerinin (yoğunluk, mikroyapı ve reoloji) ve bitmiş ürün özelliklerinin (doku, kararlılık ve duyusal yönler) karşılaştırmalı olarak değerlendirmesi ele alınmıştır. Yapısal yağ kullanılarak hazırlanan ara ürünlerin (kek hamuru ve kurabiye hamuru) reolojisinin, ticari unlu mamul yağları (kısaltma veya margarin) ile hazırlananlara kıyasla çok daha az geliştiği bulunmuştur. Bu çalışmalarda kullanılan yapılandırılmış yağ sistemleri, su bazlı emülsiyonda vaks bazlı jeller, hidrofilik polimer bazlı jeller ve MAG bazlı yağlardır. Yapılandırmada

geliştirilen yeni modeller pastacılık ve fırıncılık sektörü için önem arz etmektedir (Patel ve Dewettinck, 2016).

Yapılandırılmış yağ aynı zamanda fırın kütesinde küçük katı parçacıklar üzerinde ince bir yağlama filmi oluşumunu sağlamakta ve böylece bitmiş ürünlere uzun ömürlü yumuşaklık ve tazelik vermektedir. Ek olarak, arzu edilen hacim ve tekdüze hücresel yapıya sahip nihai ürünler ile sonuçlanan daha ince hava kabarcıklarının daha fazla birleşmesine ve stabilizasyonuna katkıda bulunmaktadır. Hamurda yapılandırılmış yağın fonksiyonları ve fırınlanmış ürünlere sağlanan özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- a) yağlama (hassas dokusu);
- b) havalandırma (hacim ve düzgün hücre yapısı);
- c) uzun süreli yumuşaklık (raf ömrü);
- d) su içinde yağ emülsiyonu oluşturmak (saklama süresince nemi koruyarak kurumasını önlemek) (Patel ve Dewettinck, 2016).

Oleojel çalışmalarını ürünlerde katı yağlara ikame oluşturması açısından incelediğimiz zaman katı yağ yerine shellak vaksı kullanılarak hazırlanan oleojel örneği, çikolata, pasta ve kek yapımında kullanılmış ve şortening katı yağlara oleojellerin alternatif olabileceği belirtilmiştir (Patel vd., 2014). Unlu mamüllerde yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Yılmaz ve Ögütçü (2015) tarafından yapılan çalışmada ayçiçeği mumundan ve balmumundan elde edilen oleojelin unlu mamullerde kullanılma potansiyeli ve ürünlerin tekstürel ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada ayçiçeği vaksı ve balmumu vaksı ile hazırlanan oleojel örnekleri ve ticari şortening kullanarak kurabiyeler hazırlanmıştır. Kurabiyelerin temel kimyasal bileşim, tekstürel özellikleri ve bazı fiziksel özellikleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca, çalışmada kurabiye tekstürü ve stabilitesindeki değişiklikler, oda sıcaklığında 30 gün depolanarak izlenmiş ve hemen hemen tüm kalite özelliklerinde, oleojel ile hazırlanan kurabiyeler ticari şortening kullanılarak hazırlanan örneklerle benzerlik göstermiştir. Tüketiciler tarafından yapılan hedonik test değerlendirmesi, oleojeller

ile hazırlanan kurabiyelerinin şortening ile hazırlanan kurabiyelerden daha iyi olduğunu ve tüketiciler tarafından daha tercih edilebilir bulunduğunu göstermiştir.

Kanola yağı ile kandelila vaksının farklı oranlarıyla hazırlanan oleojel örnekleri fırıncılık ürünlerinde şorteninge alternatif olarak araştırılmıştır. Oda şartlarında elde edilen oleojel örneğinin sertliği şorteningden daha düşük bulunmuştur. Oleojel ile hazırlanan kurabiye örneğinin daha yumuşak ve daha tercih edilebilir yapıda olduğu tespit edilmiştir (Jang vd., 2015).

Kandelilla vaksı kullanılarak hazırlanmış oleojellerin turta hamurunda şortening yağ yerine kullanıldığı bir diğer çalışmada tamamen oleojel kullanıldığında daha yumuşak ürünler elde edilmiştir. Şortening yağlar ile oleojellerin kısmen değiştirilmesinde ise daha kabul edilebilir hamur ve turta özellikleri sağlanmıştır. Şorteninglerin oleojeller ile aşamalı olarak değiştirilmesi, turta hamurunda doymuş yağın azaltılmasına yönelik uygun bir yaklaşım olabileceği belirtilmiştir (Mert ve Demirkesen, 2016).

Mert ve Demirkesen tarafından yapılan çalışmada kandelilla vaksı ile yapılmış olan oleojellerin kurabiye içerisindeki shortening yerine kullanım alanı araştırılmıştır. Oleojeller kandelilla vaksı ile farklı oranlar da hazırlanıp ticari fırıncılıkta kullanılan shorteninglerle harmanlanmıştır. Oleojel-şortening karışımı pilot ölçekli kristalizasyon ünitesinde kristalize olduktan sonra, karışım kurabiye formülasyonunda kullanılmıştır. Hamur ürünlerinden kısmen shorteningle yer değiştirilmiş oleojeller ile hazırlanan örnekler daha kabul edilebilir bulunmuştur. Unlu mamullerin üretiminde kullanılan yağın kandelila vaksı oleojeli ile belirli oranlarda birlikte kullanılmasının, kabul edilebilir hamur özellikleri oluşturduğu dolayısıyla unlu mamullerde kullanılmasının doymuş yağı azaltmak için uygun bir yöntem olacağı belirtilmiştir (Mert ve Demirkesen, 2016).

Yapılan diğer bir çalışmada yüksek oleik asit içeriğine sahip ayçiçek yağı, pamuk tohumu yağı ve blend yağ ile karnauba vaksı kullanılarak elde edilen oleojel örneklerinin kek yapımında yer alan şortening yağlar yerine kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada yağ asitleri bileşimi SFC, reolojik özellikler ve oleojellerin sertlik değerleri yağ kombinasyonlarından önemli derecede etkilenmiştir. Yapılan reolojik analizler sonucunda oleojellerin katı benzeri özelliklere sahip olduğu tespit

edilmiştir. Ayrıca elde edilen oleojellerin kullanıldığı keklerde renk özelliklerinin kontrol numunesi ile benzer olduğu görülmüştür (Pehlivanoglu vd., 2018).

2.5.3. Et ürünlerinde kullanımı

Günümüzde tüketicilerin düşük yağlı gıdalara olan taleplerinin giderek artması, gıdalarda yağın azaltılmasını ve kullanılan yağın doymamış yağ asitleri açısından zenginleştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Özellikle emülsifiye et ürünlerinde, istenen yapının oluşturulabilmesi ve stabil kalabilmesi için yüksek oranda hayvansal yağ kullanılmakta ve bu ürünlerin tüketimi kalp damar hastalıkları ve obezite gibi önemli sağlık problemlerine neden olmaktadır (Demiralp vd., 2017). Son araştırmalarda doymuş yağların yerine alternatif olarak kullanılabilir, emülsifiye ürün üretimine uygun stratejiler üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu stratejilerden biri de oleojelasyon tekniği olup, araştırmalarda oleojellerin emülsifiye et ürünlerinde etkili bir şekilde kullanılabilirliği ve böylece doymuş yağ asidi ve kolesterol oranı düşük, doymamış yağ asitlerince zengin, besinsel kalitesi yüksek ve sağlıklı ürünler elde edilebileceği vurgulanmıştır. Oleojelasyon tekniği, kalite ve teknolojik özellikleri yitirmeden emülsifiye et ürünlerinde doymuş yağ oranının azaltılması amacıyla kullanılabilir yeni, başarılı ve etkili bir yöntem olarak görülmektedir (Demiralp vd., 2017).

Et ürünlerinde, yapılandırılmış yağ sistemlerinin kullanımı, yakın bir tarihte Jimenez-Colmenero vd. (2015) tarafından kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir. Yağ asit profilinin iyileştirilmesi (daha yüksek oranda tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri) et ürünlerinin yeniden formüle edilmesinin temel hedeflerinden biri olduğundan, yapılandırılmış yağ sistemlerinin birçok olanak sunabileceği bildirilmiştir. Oleojeller, yapılandırılmış emülsiyonlar ve yağ hacim sistemleri gibi sistemler, et süspansiyonları ve soslar gibi taze, pişmiş ve fermente et ürünlerinin formülasyonu ve stabilizasyonu, et hamuru, sosis, köftesi ve frankfurter'lar için geliştirilmiştir.

Et ürünlerinde farklı yağ kaynakları kullanıldığında dikkate alınan iki hususu toplam yağ içeriğinde azalma ve yağ asidi profilinde iyileşme oluşturmaktadır. Birincisi esas olarak et ürünlerindeki hayvansal yağların önemli bir bölümünü sıvı yağ ve jelleşmiş sudan oluşan yapılandırılmış emülsiyon sistemleri ile değiştirirken, ikinci durumda

ise yağ ikame maddesi olarak yapılandırıcı maddeler kullanılarak jelleşmiş sıvı yağ kullanılmaktadır. Ek olarak, oleojelasyon (MAG'ler ve lesitin gibi lipit katkı maddeleri kullanılarak), yağ asit profilini veya yağ içeriğinde azalmayı önemli ölçüde değiştirmeden sadece et süspansiyonlarının ve sosların (temelde yağ bazlı süspansiyonlar) stabilizasyonu için kullanılmıştır (Patel ve Dewettinck, 2016) .

Barbut vd. (2016a) frankfurter sosis üretiminde hayvansal yağ ikame maddesi olarak kanola yağı ile etiliselüloz ve etiliselüloz+sorbitan monostearat kullanarak hazırladıkları oleojellerin ürünün tekstürel ve duyuşal özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Hayvansal yağ yerine sadece kanola yağı kullanıldığında çok küçük yağ globüllerinin oluştuğunu, tekstürel olarak daha sert yapıda ürün elde edildiğini, ancak etiliselüloz ve sorbitan monostearat ile kanola yağına jel yapı kazandırılıp sosis üretiminde kullanıldığında tekstürel özellikler açısından hayvansal yağ kullanılarak üretilen sosise kıyasla bir fark olmadığını vurgulamışlardır. Ayrıca, yağ globül boyutlarının hayvansal yağla kıyasla biraz daha küçük olması nedeniyle pişirme kaybının oleojel kullanılarak üretilen sosislerde azalma gösterdiği belirtilmiştir. Araştırmacılar tarafından üretilen aynı oleojel kahvaltılık sosis (Barbut vd., 2016c) üretiminde de hayvansal yağ yerine kullanılmıştır. Oleojelin hayvansal yağla göre daha açık renkli ve şeffaf yapılı olması nedeniyle sosislerin L* değerinde artış tespit edilirken, a* değerlerinde bir değişim gözlenmemiştir. Duyusal panelde oleojel kullanılarak üretilen kahvaltılık sosisler daha az sulu ve daha az yağlı olarak değerlendirilmiştir.

Aynı araştırmacı grubu bir diğer çalışmalarında da kanola yağı-etiliselüloz ya da kanola yağı-etiliselüloz- sorbitan monostearat oleojelini frankfurter sosis üretiminde %20, %40, %60 ve %80 oranlarında hayvansal yağ ile ikame etmişler ve sosis bileşimindeki oleojel oranı arttıkça yağlılık hissinin hayvansal yağ ile üretilen sosise kıyasla arttığını gözlemlemişlerdir (Barbut vd., 2016b).

Utrilla vd. (2014) sosis üretiminde zeytinyağı ve soya proteini konsantresi kullanarak hazırlanan oleojelin %15, %25, %35, %45 ve %55 oranlarında hayvansal yağ yerine kullanımının üretim prosesi boyunca lipolizis ve lipit oksidasyonu reaksiyonlarını engellemediğini, renk, pH ve su aktivitesi değerlerini etkilemediğini, sosislerin kalite

özelliklerini koruduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, oleojel ikame oranı arttıkça sosislerin tekli doymamış yağ asidi oranlarında artış olduğu belirtilmiştir.

Zetzi vd. (2012) %10 etil selüloz ve %90 bitkisel yağ (soya yağı, keten tohumu yağı, kanola yağı) kullanarak hazırladıkları oleojellerin mekanik özelliklerini incelemişler ve yağın doymamışlık oranı arttıkça jelin sertliğinin de arttığını tespit etmişlerdir. Kullanılan yağın formülasyonunda bulunan etil selülozun polimer molekül ağırlığının ve oranının, jelin mekanik özellikleri üzerine önemli etkilerinin olduğu bildirilmiştir. Ayrıca araştırmacılar, kanola yağı ve etil selüloz kullanarak hazırladıkları oleojel ile üretilen sosislerin, çiğnenebilirlik ve sertlik düzeylerinin hayvansal yağ ile üretilen sosis örnekleri ile benzer olduğunu ifade etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada balmumu vaksı oranının (%5, %7,5, %10) ve soğutma sıcaklığının (4, 25 °C) olduğu susam yağı oleojeli sığır etinden elde edilen diğer yağlar ile karşılaştırılmıştır. Asit ve peroksit değerleri, yağ asidi bileşimi, renk, doku, termal özellikleri ve kristal morfolojisi incelenmiştir. Sığır eti hamburgerinin içerdiği hayvansal yağ üç farklı oranda (%0, %25 ve %50) hazırlanan oleojel ile değiştirilmiştir. Oleojellerin bulunduğu hamburgerler, hayvansal yağlardan daha az sertliğe neden olmuş, bu da hamburgerin sertliğini ve çiğnenmesini kontrol örneğine göre %50 azaltmıştır (Moghtadaei vd., 2018).

2.5.4. Çikolata ürünlerinde kullanımı

Çikolata uygulamaları için yağ yapılandırma yaklaşımlarının kullanımını gösteren birkaç çalışma vardır: bu çalışmalar arasında ısıya dayanıklı çikolataların geliştirilmesi, çikolata ezmesindeki yağ bağlayıcının tamamen değiştirilmesi, pralin dolgularında palm kaynaklı yağ dokusunun kısmen değiştirilmesi ve yağ göçünün kontrolünü sağlamak yer almaktadır. Sıradan çikolata yağsız katı parçacıkların (kakao ve şeker parçacıkları, proteinler, lifler vb.) yağ sürekli fazında (kakao yağı) bir dağılımı olarak düşünülebilir. Bu nedenle, çikolatanın erime özellikleri, tropik bölgelerde karşılaşılan yüksek sıcaklıklarda yumuşama eğiliminde olan kakao yağının fiziksel durumuna bağlıdır. Yüksek sıcaklıklara dayanabilen ve yine de ağızda eriyebilen çikolataların formüle edilmesi çözülmemiş bir sorundur (Patel ve Dewettinck, 2016). Çeşitli dolgular için kremalar, yüksek oranda doymuş sert stok

yağ ve doymamış yağlar ile şeker ve tatlandırıcılar gibi diğer bileşenlerin bir kombinasyonu ile yapılır. Bu dolgular, lezzetli olmakla birlikte, kullanılan gıda ürünlerinin kalitesinde bozulmaya neden olma eğilimlidir. Bu genellikle sıvı yağın göçüne bağlı bir sorundur. Krema dolgulu çerezlerde bu yağ göçü, doku kusuru olarak görülen çerezlerin yumuşatılmasına yol açabilmektedir. Krema dolgulu çikolatalarda yağ göçü, yağ lekesine ve görsel bir kusur olarak görülen çikolata yüzeyinin çatlamasına neden olabilmektedir. Kremanın sıvı yağ kısmının jelleştirilmesiyle, yağın göçünün önleneyeceği veya yavaşlatılacağı, böylece yukarıda bahsedilen kusurların ortadan kaldırılacağı veya geciktirileceği varsayılmıştır (Stortz vd., 2012). Etil selüloz ısıya daha dayanıklı çikolata hazırlanmasında kullanılmış ve çikolatanın sertliğinin çikolata formülasyonundaki etil selüloz oranına bağlı olduğu bildirilmiştir (Stortz ve Marangoni, 2013).

2.5.5. Süt ürünlerinde kullanımı

Süt ürünleri içerisinde, dondurma ve peynir üretiminde doymuş yağ miktarını azaltmak amacıyla oleojel kullanımıyla ilgili çalışmalar da yapılmıştır (Zulim Botega vd., 2013b, Bemer vd., 2016). Dondurma formülasyonunda, katı yağ yerine pirinç kepeği vaksı, kandelilla vaksı ve karnauba vaksı kullanılarak (%10) ayçiçek yağı ile hazırlanan oleojel örnekleri %10 ve %15 oranında kullanılmış, optimum yapıda dondurma üretimi üzerine çalışma yapılmıştır. Pirinç kepeği vaksı kullanılarak hazırlanan oleojel dondurma yapısında en iyi tekstürü sağlamıştır (Zulim Botega vd., 2013a).

Ayçiçek yağı ve kandelilla vaksı, karnauba vaksı, pirinç kepeği vaksı kullanılarak oleojeller elde edilmiştir. Elde edilen oleojeller dondurma yapımında kullanılmıştır. Pirinç kepeği vaksı kullanıldığında dondurmadaki kristal oluşumuna daha yüksek katkı sağlamıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda pirinç kepeği vaksı oleojeli kullanılarak hazırlanan dondurma örneklerinin dondurma yapısına katkı sağladığı bildirilmiştir (Zulim vd., 2013b).

Yapılan bir çalışmada eritme (susuz, sadeyağ) tereyağına ayçiçeği yağı vaksı ilave edilerek kristalizasyon davranışı incelenmiştir. Çalışma sonunda vaksın, trans

içermeyen katı yağ stoğu hazırlamada başarıyla kullanılabileceği ortaya konmuştur. Ancak bu çalışmada jel sistemi üzerinde durulmamıştır (Kerr vd., 2011).

Bemer vd. (2016) oleojel ikameli krem peynir ürünleri üretmek için, bitkisel yağlar ve diğer yağsız bileşenlerle birlikte pirinç kepeği vaksı ve etil selüloz oleojelatörleri ile yapılan yenilebilir oleojeller kullanılmışlardır. Etil selüloz ve pirinç kepeği vaksı oleojelleri kullanılarak krem peynir üretilen peynirler, tam yağlı ve yağsız ticari krem peynir kontrol numuneleri ile karşılaştırılmıştır. Kompozisyon analizi sonucunda, tüm oleojel içeren krem peynir numuneleri, tam yağlı ticari kontrol ile karşılaştırıldığında toplam yağ içeriğinde yaklaşık %25'lik bir azalma göstermiştir. Daha spesifik olarak, doymuş yağın daha sağlıklı doymamış yağ alternatifleriyle değiştirilmesiyle, krem peynir ürünlerinin geliştirilmiş bir yağ asidi profiline sahip olduğu belirtilmiştir.

Yapılan literatür çalışmaları sonucunda gıda sektöründe yeni bir teknoloji olan oleojel üretiminde çeşitli yağların ve organojelatörlerin kullanılıp oleomargarin (oleojel) hazırlandığı ve oleomargarinlerin çeşitli gıda ürünlerinde de katı yağlara alternatif olabileceği belirtilmiştir. Aynı zamanda sağlık açısından zararlı olan trans yağ asitlerini içermeyen bir ürün olduğu bildirilmiştir. Ancak oleomargarin üretiminde sağlık açısından daha fonksiyonel bir ürün elde etmek için yağların (rafine ayçiçek ve fındık yağı) diğer yağlarla zenginleştirildiği (natürel sızma zeytinyağı, soğuk pres süssam ve kabak çekirdeği yağı) ve oleomargarin üretiminde yağ ilave oranı ve ilave vaks oranının optimizasyonunun gerçekleştirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma temel nitelikte olup literatüre ve gıda sektörüne katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

3. MATERİYAL

Çalışmada oleojel üretiminde rafine yağ olarak fındık yağı Çotanak A.Ş. ve ayçiçek yağı ise Komili A.Ş.'den temin edilmiştir. Bu yağları farklı oranlarda zenginleştirmek amacıyla katılacak olan kıymetli yağlardan natürel sızma zeytinyağı Tariş A.Ş.'den, soğuk pres susam yağı ve kabak çekirdeği yağı Oneva A.Ş.'den temin edilmiştir. Oleojel hazırlanmasında oleojelatör olarak Kahlwax marka rafine balmumu ve karnauba vaksı Ejder Kimya A.Ş.'den temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan kimyasal maddelerin saflık düzeyleri, kullanım amaçları ve menşeleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan materyallerin kullanım amaçları, saflık dereceleri ve menşeleri

Yağ ve Oleojelatör Kaynakları			
Kullanılan Materyal	Kullanım Amacı	Saflık Düzeyi	Menşei
Fındık Yağı	Oeojel Üretimi	Rafine	Türkiye
Ayçiçek Yağı	Oeojel Üretimi	Rafine	Türkiye
Zeytinyağı	Oeojel Üretimi	Natürel Sızma	Türkiye
Susam Yağı	Oeojel Üretimi	Cold Pres	Türkiye
Kabak Çekirdeği Yağı	Oeojel Üretimi	Cold Pres	Türkiye
Balmumu Vaksı	Jelleştirici	Rafine	Almanya
Karnauba Vaksı	Jelleştirici	Rafine	Almanya
Kimyasal Maddeler			
Fenol Fitaleyn	İndikatör	ACS Saflıkta	Fransa
NaOH	Titration Asitliği	%99 Saflıkta	Almanya
Etil Alkol	Peroksit Tayini	HPLC Saflıkta	Almanya
Dietil Eter	Peroksit Tayini	>%99, GC Saflıkta	Almanya
Yağ Asidi Mixi (FAME Mix)	Yağ asidi Kompozisyonu	GC- Standart	Amerika
Hekzan	Ekstraksiyon	HPLC Saflıkta	İspanya
Metanol	Ekstraksiyon	HPLC Saflıkta	İsrail
KOH	Titration Asitliği	ACS Saflıkta	Almanya
Kloroform	Peroksit Tayini	HPLC Saflıkta	Almanya
Asetik Asit	Peroksit Tayini	ACS	Almanya
Na ₂ S ₂ O ₃	Peroksit Tayini	Analitik Saflıkta	Almanya
Sodyum Karbonat	Nem giderme	Analitik Saflıkta	Almanya
Folin-Ciocalteu	Fenolik Tayini	ACS Saflıkta	Fransa
Sülfirik Asit	Sterol tayini	% 95-97 Saflıkta	Almanya
B sitosterol	Sterol tayini	GC Saflıkta	İsviçre
Heptan	Tokoferol Tayini	HPLC Saflıkta	Almanya
THF (Tetrahidofuran)	Tokoferol Tayini	HPLC Saflıkta	Almanya
Fe ₃ Cl	Sterol Tayini	Analitik Saflıkta	Almanya

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan margarin özellikleri

Örnek	Margarin (100 g)
Yağ, g	63
Doymuş yağ, g	19
Trans yağ, g	< 0.5
E vitamini, mg	12
Karbonhidrat, g	< 0.5
Şekerler, g	0
Protein, g	< 0.5
Tuz, g	0.4

Çalışmada kullanılan margarine ait etiket üzerinde yer alan özellikler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

3.1. Deneysel Tasarım

Oleomargarin (oleojel) üretimi sırasında rafine ayçiçek ve fındık yağının, kıymetli yağlardan natürel sızma zeytinyağı, soğuk pres susam ve kabak çekirdeği yağı ile deneme desenine göre farklı oranlarda (Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6) zenginleştirilmesiyle elde edilen 6 farklı yağ karışımı (ayçiçeği yağı-zeytinyağı, ayçiçek yağı-susam yağı ve ayçiçeği yağı-kabak çekirdeği yağı, fındık yağı-zeytinyağı, fındık yağı-susam yağı ve fındık yağı-kabak çekirdeği yağı), oluşturulan deneme desenine göre farklı oranlar da (Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.6) iki farklı vaks çeşidi ile karıştırılarak oleomargarinler hazırlanmıştır. Her bir deneme için oleojel örneklerinin tekstürel özellikleri, yağ bağlama kapasitesi, kristal oluşum zamanı ve renk değerleri yanıt yüzey metodu (Response Surface Method, RSM) kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilip, istenilen özelliklere sahip oleojel üretimi için optimum şartlar belirlenmiştir. Optimum şartlarda elde edilen oleomargarinlerde ise örneklerin kristal oluşum zamanı, yağ bağlama kapasitesi, tekstürel özellikleri, renk değerleri, peroksit değeri, asitlik değeri ve yağ asidi kompozisyonu analiz edilmiştir. Deneysel tasarım olarak Merkezi Karma Tasarım (Central Composite Design) seçilmiştir. Bağımsız değişkenler zenginleştirme için temel yağ katılan kıymetli yağ

katım oranı (X1) ve vaks oranıdır (X2). Bağımsız değişkenlerin kodlanmış ve kodlanmamış değerleri Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4’ de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Balmumu vaksı kullanılarak hazırlanan deneme deseninde bağımsız değişkenlerin kodlanmış ve kodlanmamış değerleri

Bağımsız değişkenler	Faktör Seviyeleri				
	En düşük (-1.41)	Düşük (-1)	Merkez (0)	Yüksek (1)	En yüksek (1.41)
X1: Yağ Katım Oranı (g/100g)	0.00	4.39	15.00	25.61	30.00
X2: Vaks Oranı (%)	1.76	2.38	3.88	5.38	6.00

Çizelge 3.4. Karnauba vaksı kullanılarak hazırlanan deneme deseninde bağımsız değişkenlerin kodlanmış ve kodlanmamış değerleri

Bağımsız değişkenler	Faktör Seviyeleri				
	En düşük (-1.41)	Düşük (-1)	Merkez (0)	Yüksek (1)	En yüksek (1.41)
X1: Yağ Katım Oranı (g/100g)	0.00	4.39	15.00	25.61	30.00
X2: Vaks Oranı (%)	5.00	5.73	7.50	9.27	10.00

Çizelge 3.5. Karnauba vaksı kullanılan örneklerde uygulanan merkezi karma tasarım

Deney No ^a	Kodlanmış Değişkenler		Bağımsız Değişkenler	
	X1	X2	Yağ Katım Oranı (g/g)	Vaks Oranı (%)
1	1	-1	15.00	7.50
2	0	0	15.00	7.50
3	0	0	0.00	7.50
4	-1	1	15.00	5.00
5	0	0	25.61	9.27
6	-1.41421	0	15.00	7.50
7	0	0	4.39	9.27
8	1.41421	0	15.00	10.00
9	0	-1.41421	15.00	7.50
10	0	-1	30.00	7.50
11	1	1	25.61	5.73
12	0	0	4.39	5.73
13	0	1.41421	15.00	7.50

a, rastgele sıralanmış

Çizelge 3.6. Balmumu vaksı kullanılan örneklerde uygulanan merkezi karma tasarım

Deney No ^a	Kodlanmış Değişkenler		Bağımsız Değişkenler	
	X1	X2	Yağ Katım Oranı (g/g)	Vaks Oranı (%)
1	1	-1	15.00	3.88
2	0	0	15.00	1.76
3	0	0	4.39	5.38
4	-1	1	25.61	2.38
5	0	0	15.00	3.88
6	-1.41421	0	15.00	6.00
7	0	0	15.00	3.88
8	1.41421	0	15.00	3.88
9	0	- 1.41421	25.61	5.38
10	0	-1	15.00	3.88
11	1	1	4.39	2.38
12	0	0	0.00	3.88
13	0	1.41421	30.00	3.88

a, rastgele sıralanmış

3.2. Analizler

3.2.1. Oleomargarin (Oleojel) hazırlanması

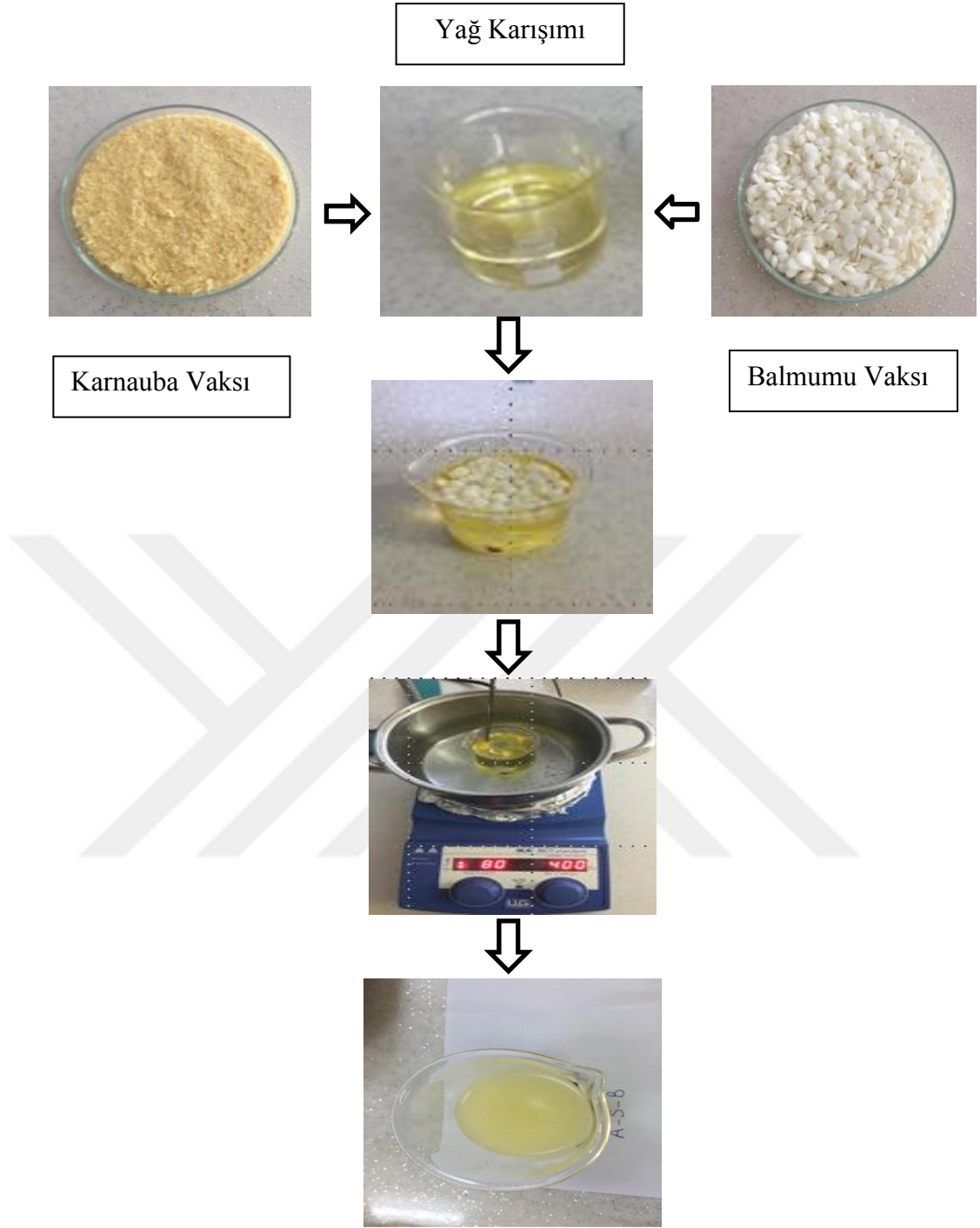
Çalışmada oleomargarin (oleojel) üretiminde temel yağ olarak fındık ve ayçiçek yağı ve bu yağları farklı oranlarda zenginleştirmek amacıyla katılacak olan kıymetli yağlar natürel sızma zeytinyağı, soğuk pres susam yağı ve kabak çekirdeği yağı kullanılmıştır. Oleomargarin üretimi sırasında ayçiçek ve fındık yağı, kıymetli yağlardan natürel sızma zeytinyağı, soğuk pres susam ve kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmiştir. Zenginleştirme işlemi her bir temel yağ -kıymetli yağ ikilisi için deneme desenine göre farklı oranlarda yapılmıştır (Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6). Elde edilen her bir yağ çifti yine deneme deseninde belirtilen oranlarda iki farklı vaks ile karıştırılarak oleojel elde edilmiştir (Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6).

Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6’da belirtilen deneme desenine göre;

1. Ayçiçek yağının, zeytinyağı ve karnauba vaksı
2. Ayçiçek yağının, zeytinyağı ve balmumu vaksı
3. Ayçiçek yağının, susam yağı ve karnauba vaksı
4. Ayçiçek yağının, susam yağı ve balmumu vaksı

5. Ayçiçek yağının, kabak çekirdeği yağı ve karnauba vaksı
6. Ayçiçek yağının, kabak çekirdeği yağı ile balmumu vaksı
7. Fındık yağının, zeytinyağı ve karnauba vaksı
8. Fındık yağının, zeytinyağı ve balmumu vaksı
9. Fındık yağının, susam yağı ve karnauba vaksı
10. Fındık yağının, susam yağı ve balmumu vaksı
11. Fındık yağının, kabak çekirdeği yağı ve karnauba vaksı
12. Fındık yağının, kabak çekirdeği yağı ile balmumu vaksı ile ayrı ayrı üretimleri gerçekleştirilmiştir.

Oleojel üretiminde karışım sıcaklığı vaks erime sıcaklığına göre ayarlanmış ve vaks karışım içerisinde eridikten sonra bu sıcaklıkta belirli bir süre (5 dk) bekletilmiştir. Örneklerin yağ bağlama kapasitesi ve kristal oluşum zamanı için gerekli örnek üretimin hemen sonrasında sıvı olarak alınmış ve örneğin kalan kısmı oda şartlarında kristallenmeye bırakılmıştır.



Şekil 3.1. Oleomargarin üretimi

Şekil 3.1’de oleomargarin üretim aşamaları gösterilmektedir. Deneme deseninde belirtilen oranlarda yağ ve vaks ilavesi yapıldıktan sonra balmumu vaksı ilaveli örneklerde 80 ° C ‘de, karnauba vaksı ilaveli örneklerde ise 90 ° C ‘de vaks yağ içerisinde eridikten sonra belirli süre (5 dk) bekletilmiş ve jelleşmeye bırakılmıştır.

3.2.2. Yağ bağlama kapasitesinin belirlenmesi

Yağ bağlama kapasitesi analizi için Da Pieve ve diğerleri tarafından uyarlanmış olan metot kullanılmıştır (Da Pieve vd., 2010). Öncelikle boş eppendorf tüpün darası (a) belirlenmiştir. Devamında tamamen eritilmiş karışımdan yaklaşık 1 ml oleojel örneği boş eppendorfa alınmış ve oleojel oluşumu için 1 saat buzdolabında bekletilmiştir. Buzdolabında oleojel tamamen oluştuğu zaman tüp tartılmıştır (b). Son aşamada eppendorf tüpler 1000 rpm’de 20 °C’de 15 dakika santrifüj edilmiş, ardından ters çevrilip fazla yağı tahliye etmek için 3 dakika bekletilmiş ve tartılmıştır (c). Sızan yağ (%) ve yağ bağlama kapasitesi her örnek için Denklem 1’e göre yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Sızan Yağ} = \frac{\{(b-a)-(c-a)\}}{(b-a)} \cdot 100$$

Denklem 1

$$\% \text{ Yağ Bağlama Kapasitesi} = 100 - \text{Sızan Yağ}$$

3.2.3. Kristal oluşum zamanı

Yaklaşık 10 ml oleomargarin örneği tamamen erimiş karışımdan cam tüplere alınarak su banyosunda 2 saat 90 °C de tutulmuştur. Ardından tüpler oda sıcaklığında jel oluşması için soğumaya bırakılmıştır. Jelleşme süresi tüpler ters çevirildiklerinde akış gözlenmeyecek duruma gelinceye kadar geçen soğuma süresi olarak kabul edilmiştir (Dassanayake vd., 2009).

3.2.4. Renk analizi

Oleomargarin renk ölçümleri Minolta Renk Ölçer (CR-10, Konica Minolta, Osaka, Japan) kullanılarak belirlenmiştir. Renk ölçümleri CIE (L*, a*, b*) renk sistemi ile ifade edilmiştir. Renk ölçümü oda şartlarında her örnek için üç bölgede yapılmış olup, örneklerin rengi bu değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiştir.

3.2.5. Oleomargarin örneklerinin tekstürel özelliklerinin belirlenmesi

Oleomargarin örneklerinin tekstürel özelliklerinin belirlenmesi için üretilen oleomargarin örnekleri, üretimden sonra buzdolabı sıcaklığında (+4 °C'de) bir gece bekletilmiştir. Süre sonunda oleomargarin örneklerinin Tekstür Analiz cihazı ve paslanmaz bilyalı prob (P/0.75S) yardımıyla tekstürel özelliklerinden sertlik ve yapışkanlık değerleri belirlenmiştir. Probun test öncesi hızı 1 m/s test esnasında ve test sonrasında hızı 2 m/s olarak belirlenmiştir. Prob 0.5 g'lık kuvveti hissettiği anda örneğe 15 mm dalmış ve çıkmış olup örneklerin sertlik ve yapışkanlık değerleri belirlenmiştir.

3.2.6. Serbest asitlik değerinin belirlenmesi

Serbest yağ asitlik değeri AOCS Ca 5a-40 (1989) standart metodu kullanılarak belirlenmiş (Anonymous, 1989) ve sonuçlar % oleik asit cinsinden hesaplanmıştır. 5 g örnek 0.01 g duyarlılıkla tartılmış ve üzerine 50 ml etil alkol- dietil eter karışımı (1V:1V oranda) ilave edilmiştir. Yağın iyice çözünmesi sağlandıktan sonra üzerine birkaç damla fenol fitaleyn ilave edilmiştir. Sonrasında 0.1 N KOH ile titre edilmiştir. Titrasyon sonunda harcanan KOH sarfiyatı belirlenmiş ve denklem 2'ye göre hesaplama yapılmıştır. Analizler üç paralel halinde yapılmıştır.

$$\text{Asitlik}(\% \text{Oleik asit}) = \frac{v}{m} * 2.8$$

$v = \text{Harcanan KOH miktarı (ml)}$

$m = \text{Örnek kütlesi (g)}$

3.2.7. Peroksit değerinin belirlenmesi

Peroksit değeri AOCS Cd 8b-90 metoduna göre belirlenmiştir (Anonymous, 1994). Analizler üç paralel halinde yapılmış, sonuçlar 1 kg yağda bulunan mili eşdeğer peroksit oksijeni hesaplanarak verilmiştir. 2 g oleomargarin örneği 0.001 g duyarlılıkla tartılmıştır. Örnek üzerine asetik asit kloroform çözeltisi (3/2, V/V) ilave edilmiştir. İyice çalkalandıktan sonra üzerine 1ml KI (doymuş çözeltisi) ilave edilmiş ve sonrasında karanlık bir yerde 5 dakika bekletilmiştir. Ardından üzerine 75 ml saf

su ilave ve 1 ml nişasta çözeltisi ilave edilmesinin ardından 0.002 N Na₂S₂O₃ çözeltisi ile titrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Harcanan Na₂S₂O₃ sarfiyatı kaydedilmiş ve aşağıda verilen eşitlikte peroksit değeri hesaplanmıştır. Analizler üç paralel halinde yapılmıştır.

$$\text{Peroksit Değeri} \left(\text{meq} \frac{\text{O}_2}{\text{kg yağ}} \right) = \frac{(a - b) \times N \times 1000}{m}$$

a = titrasyonda örnek için harcanan sodyum tiyosülfat miktarı, ml

b = titrasyonda şahit için harcanan Sodyum tiyosülfat miktarı, ml

N = Sodyum tiyosülfat normalitesi, N

m = alınan örnek miktarı, g

3.2.8. UV ışığında özgül absorbans değerlerinin (K₂₃₂, K₂₇₀) belirlenmesi

UV ışığında özgül absorbans değerlerinin (K₂₃₂, K₂₇₀) belirlenmesi için Codex Alimentarius (2001) tarafından tanımlanan yöntem kullanılmıştır. Bunun için 0.1 g yağ örneği 10 mL sikloheksan içerisinde çözülerek % 1'lik solüsyon hazırlanmıştır. K₂₃₂ ve K₂₇₀ değerleri hazırlanan solüsyonun spektrofotometrede (T70+UV/VIS spectrophotometer, PG Instruments, England) sırasıyla 232 ve 270 nm dalga boylarında absorbansları ölçülerek hesaplanmıştır. Analizler üç paralel halinde yapılmıştır.

3.2.9. Toplam karotenoit ve klorofil miktarının belirlenmesi

Minguez-Mosquera vd. (1991) tarafından tanımlanan yöntem kullanılarak yağların klorofil ve karotenoit pigmentleri belirlenmiştir. Bu amaçla 7.5 g yağ 25 mL sikloheksan içinde çözülmüş ve hazırlanan örneklerin 470 nm dalga boyunda absorbansları okunarak toplam karotenoit, 670 nm dalga boyundaki absorbansları okunarak da toplam klorofil miktarları aşağıdaki formüller (3.2 ve 3.3) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Karotenoit miktarı (mg karotenoit/kg yağ)} = (A_{470} \times 10^6) / (2000 \times 100 \times L) \quad (3.2)$$

$$\text{Klorofil miktarı için (mg klorofil/kg yağ)} = (A_{670} \times 10^6) / (613 \times 100 \times L) \quad (3.3)$$

Eşitlikte A, absorbansı; L ise ışın yolunu (hücre kalınlığını, mm) ifade etmektedir. Analizler üç paralel halinde yapılmıştır.

3.2.10. Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi

Yağ asidi metil esterlerinin hazırlanmasında IUPAC 2.301 metodu kullanılmıştır (Anonymous, 1987). 0.10 g numune önce 2 ml heptan, daha sonra 0.20 ml 2 N'lik metanolik potasyum hidroksit türevlendirici çözeltisi ile iyice çalkalanıp, devamında 30 dakika türevlendirilmiştir. Oleomargarin örneklerinde ise türevlendirme işlemi 70 °C'de 30 dakika türevlendirilmiştir. Berraklaşan heptanlı üst faz yağ asidi metil esterlerinin belirlenebilmesi için sisteme verilmiştir. Yağların yağ asidi bileşenleri AOCS Official Method Ce 1-62 metodu kullanılarak belirlenmiştir (Anonymous, 1997a).

Gaz Kromatografisi (GK) cihazının özellikleri ve çalışma şartları aşağıda sunulmuştur (Çizelge 3.7.).

Çizelge 3.7. Gaz Kromatografisi (GK) cihazının özellikleri ve çalışma şartları

Gaz Kromatografisi:	Agilent
Enjektör sıcaklığı:	250 °C
Dedektör sıcaklığı:	250 °C
Akış Hızı(psi):	15
Dedektör:	FID
Kullanılan Gaz:	Helyum
Kullanılan Kolon:	Cp WAX 52 CB 50 m * 0.32 mm, 1.2 µm
Sıcaklık Programı:	60 °C'de 4 dakika bekledikten sonra 175 °C'e dakikada 4 °C'lik artışla ulaşıyor. 175 °C'de 27 dakika bekliyor. Dakikada 4°C'lik artışla 215 °C'ye ulaşıyor ve 5 dakika bekliyor. Dakikada 4 °C'lik artışla 240 °C'ye ulaşıyor.

Yağ asitlerinin belirlenmesinde standart olarak bütirik asitten başlayıp nervonik asite kadar içerisinde trans yağ asitlerinin de bulunduğu yağ asitlerinin metil esterleri karışımı kullanılmıştır. Numunelerin yağ asitleri bileşimi HP Chemistation bilgisayar

programı yardımı ile % alan olarak hesaplanmıştır. Analizler üç paralel halinde yapılmıştır.

3.2.11. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi

Yağlardan metanol ekstraksiyonu ile elde edilen fenolik bileşiklerin toplam miktarları Folin-Ciocalteu spektrofotometrik metodu kullanılarak, Singleton ve Rossi (1965)'ye göre belirlenmiştir. Elde edilen fenolik ekstraktlarından 40 µl alınarak bir cam tüp içerisine pipetlenmiş ve üzerine 2.40 ml saf su eklenerek seyreltilmiştir. Daha sonra 200 µl Folin-Ciocalteu ayırıcı eklenerek karıştırılmıştır. Karışıma 30 saniye sonra 600 µl doymuş sodyum karbonat çözeltisi ilave edilmiştir. Son olarak 760 µl saf su eklenerek tüpler iyice karıştırılmıştır. Karanlıkta iki saat bekletildikten sonra, çözeltinin absorbansı şahit çözeltiye karşı 765 nm dalga boyunda spektrofotometre (T70+UV/VIS spectrophotometer, PG Instruments, England) ile ölçülmüştür. Sonuçlar gallik asitten hazırlanmış çözeltilerden elde edilen kalibrasyon eğrisi ($r^2 = 0.999$) kullanılarak mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/kg yağ olarak hesaplanmıştır. Analizler üç paralel halinde yapılmıştır.

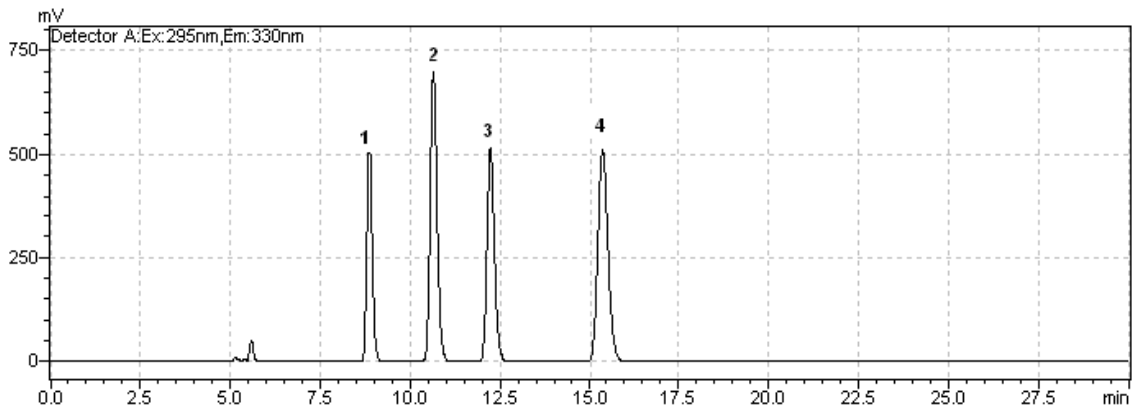
3.2.12. Tokoferol ekstraksiyonu ve tokoferol analizi için HPLC Şartları:

Yağların tokoferol bileşenlerinin analizi AOCS Official Method Ce 8-89 modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir (AOCS 1997b). 250 µL yağ numunesi mobil faz olan Heptan/ THF (95:5, hacim/hacim) çözücüsünde çözülerek hacmi 1 ml'ye tamamlanmış ve buradan 100 µL numune alınarak HPLC cihazına enjekte edilmiştir. HPLC cihazının özellikleri ve çalışma şartları şu şekildedir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.8. HPLC cihazının özellikleri ve çalışma şartları

Dedektör:	DAD Dedektör
Auto sampler:	SIL-20AC prominence
Sistem kontrolörü:	LC- 20AT prominence
Pompa:	LC- 20AT prominence
Degasser:	DGU-14A
Kolon fırını:	CTO-10ACvp
Kolon:	Luna Silika (250*4,6 mm, 5 µm)
Mobil Faz:	Heptan/THF (95:5)
Akış Hızı:	1.2 ml/dakika
Kolon Sıcaklığı:	25° C
Enjeksiyon Hacmi:	20 µl

Tokoferol bileşenlerinin analizinde, standart olarak α -(alfa) tokoferol, β -(beta) tokoferol, γ -(gama) tokoferol ve δ -(delta) tokoferol (Cablochem, Germany) kullanılmıştır. Analizler üç paralel halinde yapılmıştır. Standartların ayrımlarını gösteren örnek kromatogramları ise Şekil 3.2’de sunulmuştur.



Şekil 3.2. Standartların kromatogramı: 1: α -(alfa) tokoferol, 2: β -(beta) tokoferol, 3: γ -(gama) tokoferol ve 4: δ -(delta) tokoferol

3.2.13. Spektrometrik sterol tayini

Rudel ve Morris’in (1973) kolesterol yöntemi modifiye edilerek yağ örneklerindeki sterol ekstraksiyonu gerçekleştirilmiş ve FeCl_3 yöntemi ile β - sitosterol miktarları belirlenmiştir. Bu yöntemde yağ örneklerinden ilk önce sabunlaşma ile sterol

maddeler ekstrakte edilmiştir. Ekstrakte edilen örneklerde sterol miktarı belirlenmesi için FeCl_3 çözeltisi ile muamele edilmiştir. Daha sonra üzerine 1 ml H_2SO_4 ilave edilir ve ortalama 45 dakika bekletildikten sonra oluşan pembe renk spektrofotometrede 560 nm 'de okunmuştur. Sonuçlar sterol kalibrasyon grafiğinden hesaplanmıştır (Rudel ve Morris, 1973).

3.2.14. DSC analizi

Oleomargarin ve kahvaltılık margar örneklerinin DSC analizleri Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde hizmet alımı şeklinde AOCS Official Method Cj 1-94 ile gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan çalışma koşulları aşağıda verilmiştir.

Marka: PerkinElmer

Model: DSC 4000

Örnek Miktarı: 3-10 mg

Çalışma Prensibi: Azot ortamında dakikada 10 derecelik artışlarla 25 °C' den 100 °C' a ısıtılıp 10 dakika bekletildikten sonra, 100 °C' tan -50 °C'a soğutulup 30 dakika bekletilmiş ve -50 °C' tan 100 °C' a ısıtılmıştır.

3.2.15. İstatistiksel analizler

Çalışmada oleomargarin üretiminin planlanması (merkezi karma tasarım), elde edilen yanıtların değerlendirilmesi ve optimum noktaların bulunmasında yüzey yanıt yöntemi (Response Surface Method, RSM) uygulanmıştır. Yöntemin uygulanmasında Minitab İstatistik Paket Programı (17) kullanılmıştır.

Model yeterliliği, R^2 değerleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Modeller iki değişkenli ikinci dereceden eşitliğe göre belirlenmiştir (Eşitlik1).

$$Z = \beta_0 + \sum_{i=1}^2 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^2 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^1 \sum_{j=i+1}^2 \beta_{ij} X_i X_j$$

Eşitlik (1)

Eşitlikte Z bağımlı değişken, X bağımsız değişken, β_0 sabit katsayı, β_i birinci dereceden (doğrusal) denklem katsayısı, β_{ii} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışmada oleomargarin üretimi için rafine ayçiçek ve fındık yağı, kıymetli yağlardan natürel sızma zeytinyağı, soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile susam yağı, jelleştirici ajan olarak ise karnauba ve balmumu vaksı kullanılmıştır. Rafine ayçiçek ve fındık yağı modelde belirlenen oranlarda natürel sızma zeytinyağı, soğuk pres kabak çekirdeği yağı ve susam yağı ile zenginleştirilerek, modelde belirtilen oranlarda karnauba ve balmumu vaksı ile karıştırılmış, oleojel üretimi gerçekleştirilmiştir. Oleojel üretimi gerçekleştirilmeden önce yağların başlıca kalite parametrelerinden serbest asitlik, peroksit, UV özgül absorbans değerleri (K_{232} ve K_{270}) ve renk değerlerinden klorofil, karotenoit ve feofitin-a değerleri, yağ asidi kompozisyonu, toplam fenolik madde miktarı, tokoferol miktarı ve sterol miktarı (β -sitosterol) belirlenmiştir.

Yağların kalite açısından değerlendirilmesinde kullanılan başlıca kalite parametrelerinden serbest asitlik değeri, yağlarda bağlı olmayan yağ asitleri toplamının oleik asit yüzdesi olarak tanımlamakta ve yağların kalite bakımından değerlendirilmesinde ve sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Diğer bir kalite parametresi olan ve 1 kg yağdaki aktif oksijenin milieşdeğer miktarı olarak tanımlanan peroksit değeri ise yağlarda birincil oksidasyon ürünlerinin göstergesi olması bakımından kalite değerlendirmesinde önemlidir (Nas vd., 2001). K_{232} ve K_{270} değerleri yağların kalite açısından değerlendirilmesinde ve sınıflandırılmasında önemli olan diğer kalite parametrelerindendir. Birincil oksidasyon ürünlerinin göstergesi olan konjuge dien bileşikler 232 nm, ikincil oksidasyon ürünlerinin ve yağın saflığının göstergesi olan konjuge trien bileşenleri ise 270 nm dalga boyunda spektroskopik olarak belirlenmektedirler (Ayadi vd., 2009). Çalışmada kullanılan yağların serbest asitlik (% oleik), peroksit (meq O_2 /kg yağ), K_{232} ve K_{270} değerlerine ait değerler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Yağların serbest asitlik (% oleik), peroksit (meq O₂ / kg yağ), K₂₃₂ ve K₂₇₀ değerlerine değerlerine ait ortalama değerler (n=3)

Örnek	Asitlik (% oleik)	Peroksit Değeri (meq O ₂ / kg yağ)	K ₂₃₂	K ₂₇₀
A	0.18±0.02	2.92±0.00	2.53±0.00	2.60±0.00
F	0.13±0.02	4.70±0.64	2.43±0.01	0.89±0.00
S	0.67±0.03	1.11±0.04	2.25±0.02	1.14±0.01
K	0.79±0.04	3.13±0.02	2.47±0.01	1.36±0.00
Z	0.86±0.02	6.66±0.60	2.06±0.01	0.16±0.00

A:Ayçiçek yağı, F:Findık yağı, S:Susam yağı, Z:Zeytinyağı, K: Kabak Çekirdeği Yağı

Çizelge 4.1 incelendiğinde tüm yağ örneklerinin kalite parametrelerinden asitlik değerleri 0.13-0.86, peroksit değerleri 1.11-6.66 aralığında tespit edilmiştir. Bu değerler Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği (Tebliğ No: 2012/29) ve Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı tebliğine göre incelenmiş ve kodeks tarafından belirlenen sınırlar içerisinde yer aldıkları tespit edilmiştir. Verilerimiz yapılan literatür çalışmalarında elde edilen bulgular ile uyumludur. Çeşitli yağlarda yapılan çalışmaları inceleyecek olursak, serbest asitlik (% oleik) ve peroksit değerleri (meq O₂/kg yağ) sırasıyla rafine ayçiçek yağında 0.10 - 0.24 ile 7.9 aralığında (Suliman vd., 2013, Pal vd., 2015) ve rafine findık yağında 0.05 ile 0.9 aralığında bulunmuştur (Kesen vd., 2016). Soğuk pres yağlarda ise serbest asitlik (% oleik) ve peroksit değerlerinin (meq O₂/kg yağ) sırasıyla susam yağında 0.02 – 0.62 ile 0.70 – 2.20 aralığında (Prescha vd., 2014, Karasu, 2015), kabak çekirdeği yağında 0.17- 0.75 ile 3.92- 11.84 (Karasu, 2015, Seçen ve Gerçekaslan, 2016) ve zeytinyağlarında ise 0.52 - 1.05 ile 3.20 - 9.47 aralığında değişim gösterdiği bildirilmiştir (Bozdoğan Konuşkan, 2008, Aşık ve Özkan, 2011, Cevik vd., 2014).

K₂₃₂ ve K₂₇₀ değerleri sırasıyla ayçiçek yağında 2.53 - 2.60, findık yağında 2.43 - 0.89, susam yağında 2.25 - 1.14, kabak çekirdeği yağında 2.47 - 1.36 ve zeytinyağında ise 2.06 - 0.16 olarak tespit edilmiştir. Literatürde rafine ayçiçek ve findık yağı ile soğuk pres susam ve kabak çekirdeğinin K₂₃₂ ve K₂₇₀ değerlerine ait bir çalışmaya rastlanmamıştır. Zeytinyağının K₂₃₂ ve K₂₇₀ değerleri ise 1.4935 ve 0.0985 olarak tespit edilmiştir (Aşık ve Özkan, 2011)

Diğer önemli kalite parametrelerinden birisi olan renk maddelerini ise, yeşil renkten ve yağların stabilitesinden sorumlu olan ve karanlıkta antioksidan ışıktaki prooksidan

aktiviteye sahip klorofiller, sarıdan kahverengiye kadar renkten sorumlu karotenoitler ve klorofilin parçalanma ürünü olan feofitin oluşturmaktadır (Ayadi vd., 2009). Çalışmamızda kullanılan ayçiçek, fındık, susam, zeytinyağı ve kabak çekirdek yağlarının klorofil ve karotenoit değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Yağların klorofil ve karotenoit değerlerine ait ortalama değerler (n=3)

Örnek ^a	Klorofil (ppm)	Karotenoit (ppm)
A	0.056±0.001	0.025±0.001
F	0.033±0.000	0.021±0.001
S	0.044±0.000	0.045±0.000
K	0.078±0.002	0.621±0.001
Z	0.043±0.001	0.111±0.000

^a A:Ayçiçek yağı, F:Fındık yağı, S:Susam yağı, Z:Zeytinyağı, K: Kabak Çekirdeği Yağı

Çizelge 4.2 incelediğinde yağlarının renk özelliklerinden klorofil, karotenoit ve feofitin a miktarı belirlenmiştir. Klorofil miktarı 0.04-0.28 ppm ve karotenoit miktarı 0.02-0.53 ppm aralığında değişim göstermiştir. Literatür araştırmasında ayçiçek, fındık, susam, kabak çekirdeği yağlarının renk maddelerinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Zeytinyağının renk maddelerinden klorofil ve karotenoit değerlerinin sırasıyla 0.457-2.276 ve 0.438-1.383 (mg/kg yağ) aralığında belirlendiği bildirilmiştir (Aşık ve Özkan, 2011, Cevik vd., 2014).

Çizelge 4.3. Yağların yağ asidi kompozisyonuna (% alan) ait ortalama değerler (n=2)

Yağ Asidi	A ^a	F	K	S	Z
Miristik asit (C14)	nd ^c	0.04±0.00	0.11±0.02	nd	nd
Palmitik Asit (C16)	6.12±0.02	5.56±0.06	13.13 ±0.22	10.05±0.04	12.51±0.97
Stearik Asit (C18)	3.64±0.03	2.73±0.02	8.49±0.05	6.55±0.05	3.18±0.08
ΣSFA ^b	9.76±0.01	8.33±0.04	21.73±0.25	16.60±0.09	15.68±1.04
Palmitoleik asit (C16.1)	nd	0.17±0.00	0.10±0.02	0.15±0.01	0.57±0.00
Oleik Asit (C18.1)	38.41±0.06	74.52±0.05	37.37±0.14	40.03±0.04	71.64±0.89
Gadoleik Asit (C20.1)	nd	nd	nd	0.34±0.01	0.53±0.03
ΣMUFA	38.41±0.06	74.69±0.05	37.47±0.13	40.52±0.06	72.74±0.86
Linoleik asit (C18.2)	51.53±0.02	16.80±0.08	40.22±0.16	42.14±0.05	10.65±0.14
Gama Linolenik asit (C18.3)	0.29±0.03	0.19±0.00	0.58±0.03	0.75±0.02	0.58±0.05
Alfa Linoenik asit (C:18:3n3)	nd	nd	nd	nd	0.35±0.01
ΣPUFA	51.83±0.05	16.99±0.09	40.80±0.13	42.89±0.03	11.58±0.18

^a A: Ayçiçek yağı, F: Fındık yağı, S: Susam yağı, Z: Zeytinyağı, K: Kabak Çekirdeği Yağı

^b ΣSFA: Toplam Doymuş Yağ Asidi, ΣMUFA: Toplam Tekli doymamış yağ asidi, ΣPUFA: Toplam Çoklu Doymamış Yağ asidi, ^cnd: tespit edilebilir değerin altındadır.

Rafine ayçiçek yağının yağ asidi bileşiminin (%), 9.76'sını doymuş yağ asitleri, 38.41'ini tekli doymamış yağ asitleri ve 51.83'ünü çoklu doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır. Rafinasyon işleminin ayçiçek yağı minör bileşenleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı derleme çalışmasında ayçiçek yağının yağ asidi bileşiminin (%), 7.7 - 14.01'ini doymuş yağ asitleri, 14.0-39.4'ünün tekli doymamış yağ asitlerinden oleik asitin ve 48.3-74.0 'ünü ise çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik asitin oluşturduğu bildirilmiştir (Gotor ve Rhazi, 2016).

Rafine fındık yağının yağ asidi bileşiminin % 8.33'ünü doymuş yağ asitleri, % 74.69'unu tekli doymamış yağ asitleri ve % 16.99'unu ise doymuş yağ asitleri oluşturmuştur. Ham ve rafine fındık yağlarının yağ asitleri bileşiminin incelendiği bir diğer çalışmada ise rafine fındık yağının yağ asidi kompozisyonunun %8.38'ini doymuş yağ asitleri, %71.20'sini tekli doymamış yağ asidi ve %20.24 sini çoklu doymamış yağ asitlerinin oluşturduğu tespit edilmiştir (Kesen vd., 2016).

Soğuk pres kabak çekirdeği yağının yağ asidi bileşiminin ise % 21.73'ünü doymuş, % 37.47'sini tekli doymamış yağ asitleri ve % 40.80'nini çoklu doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır. Nederal vd. (2012) kavrulmuş ve soğuk preslenmiş kabak çekirdeği yağlarının kimyasal bileşimi ve oksidatif stabilitesini araştırdıkları çalışmalarında, yağ asidi kompozisyonunun, doymuş yağ asitlerinden palmitik (% 5.1) ve stearik asit (%11.8), doymamış yağ asitlerinden oleik asit (%28.9) ve linoleik asitten (%53.2) oluştuğunu saptamışlardır. Türkiye'nin Orta Anadolu bölgesinden soğuk preslenmiş kabak çekirdeği (*Cucurbita pepo* L.) yağlarının yağ asidi kompozisyonunun %17.49-17.61'ni doymuş yağ asitleri (palmitik, stearik), %27.77-27.86'sını tekli doymamış yağ asidi (oleik asit), %53.60-53.73'nü çoklu doymamış yağ asitlerinin oluşturduğu bildirilmiştir (Akın vd., 2018).

Susam yağının yağ asidi bileşiminin % 16.60'ı doymuş yağ asitleri, % 40.52'si tekli doymamış yağ asitleri ve % 42.89'u ise çoklu doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır. Sonuçlarımızla benzer şekilde, Baydar ve Turgut (1999), farklı susam çeşitlerinin yağ asidi kompozisyonunda çeşitler arası farklılık olduğunu ve susam yağlarının doymuş yağ asidi kompozisyonunu palmitik ve stearik asit oluştururken, doymamış yağ asidi kompozisyonunu ise oleik ve linoleik asidin oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Kim vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada ise soğuk preslenmiş

susam yağı ve işlenmemiş susam yağının özellikleri belirlenmiştir. Soğuk pres susam yağının yağ asidi kompozisyonunun yaklaşık % 14.31'ini doymuş yağ asitleri, %33.56'sını tekli doymamış yağ asitleri ve % 43.782'ini çoklu doymamış yağ asitlerinin oluşturduğu bildirilmiştir. Ozkullu vd., (2017) soğuk pres susam yağının yağ asidi kompozisyonunun % 14' ünü doymuş yağ asitleri, % 40 'ını tekli doymamış yağ asitleri ve % 46'sını çoklu doymamış yağ asitlerin oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Özdemir vd. (2018) tarafından yapılan, susam yağının 39 örnekte yağ asidi kompozisyonun değerlendirildiği çalışmada doymuş yağ asitleri %14.98-16.0, tekli doymamış yağ asitleri % 40.74-43.62 ve çoklu doymamış yağ asitleri ise % 40.81-44.1 arasında tespit edilmiştir. Zeytinyağının yağ asidi bileşiminin % 15.68'i doymuş yağ asitleri, % 72.74'ü tekli doymamış yağ asitleri ve % 11.58'i ise çoklu doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır. Araştırmacılar tarafından yapılan diğer çalışmalarda sonuçlarımızla benzer şekilde, zeytinyağı en fazla tekli doymamış yağ asidi içeriğine sahiptir. Bunun yanında çoklu doymamış yağ asidi ise zeytinyağında diğer yağlara göre beklenildiği üzere daha az bulunmuştur. Benzer sonuçlar daha önce yayınlanmış çalışmalarda da bildirilmiştir (Hosseini vd. 2015; Kelebek vd. 2015; Kim vd. 2015; Laroussi Mezghani vd. 2015). Aşık ve Özkan (2011) tarafından Memecik zeytin çeşidinden elde edilen zeytinyağının fiziksel, kimyasal ve antioksidan özelliklerinin araştırıldığı çalışmasında, zeytinyağlarının yağ asidi kompozisyonunun %12.75'ini doymuş yağ asitleri, %76.86'sını tekli doymamış yağ asitleri ve % 10.42'sini ise çoklu doymamış yağ asitlerinin oluşturduğu saptanmıştır (Aşık ve Özkan, 2011). Cevik vd. (2014) hasat zamanının natürel sızma zeytinyağının fizikokimyasal kalite parametreleri, oksidasyon stabilitesi ve uçucu bileşikleri üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında, farklı olgunluk zamanında Gemlik zeytinlerini hasat etmiş ve zeytinyağına işlemiştir. Elde edilen yağların yağ asidi profili olgunluğa bağlı olarak değişim göstermiş ve doymuş yağ asitleri 16.19 - 24.86, tekli doymamış yağ asitleri 58.72 - 67.84 ve çoklu doymamış yağ asitleri ise 9.44 - 13.64 aralığında tespit edilmiştir (Cevik vd., 2014).

Çalışmada kullanılan Yağların Toplam Fenolik Madde (mg/kg) miktarına ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Çalışmada kullanılan yağların toplam fenolik madde (mg/kg) miktarına ilişkin ortalama değerler (n=3)

Örnek	GAE (mg/kg yağ)
A	51.37±2.83
F	61.59±2.20
S	206.73±1.80
K	151.52±3.69
Z	193.79±2.20

A:Ayçiçek yağı, F:Fındık yağı, S:Susam yağı, Z:Zeytinyağı, K: Kabak Çekirdeği Yağı

Çalışmada kullanılan yağların toplam fenolik madde (mg/kg) miktarına ilişkin değerler Çizelge 4.4’de verilmiştir. Çizelgede yağ örneklerindeki toplam fenolik madde miktarlarının yağ çeşidine göre değişimleri görülmektedir. Toplam fenolik madde miktarının yağ çeşidine bağlı olarak 51.37- 206.73 GAE mg/kg yağ aralığında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek toplam fenolik madde miktarı susam yağında iken en düşük rafine ayçiçek yağında tespit edilmiştir. Fenolik maddeler yağların duyuşal özelliklerini ve oksidatif stabilitelerini olumlu yönde etkileyen bileşenlerdir. Özellikle soğuk pres yağlarda rafine yağlara göre daha yüksek miktarda bulunmaktadır (Lee vd. 2007). Janu vd. (2014), yemeklik bitkisel yağların toplam fenolik içeriği ve radikal temizleme aktivitesini araştırdığı çalışmasında rafine ayçiçek yağının toplam fenolik madde miktarını 49 mg GAE / kg yağ olarak tespit etmişlerdir. Makedonya’da soğuk pres yemeklik yağların kalite değerlendirmesinin yapıldığı çalışma da sekiz saf soğuk pres yağ ve iki karışım yağın kimyasal bileşimi ve kalitesi incelenmiştir. Soğuk pres yağlardan birisi olan susam yağının toplam fenolik madde miktarı 133.42 mg GAE/kg yağ arak belirlenmiştir (Kostadinović Veličkovska vd., 2015). Akın vd. (2018) tarafından yapılan, “Türkiye’nin Orta Anadolu bölgesinden soğuk preslenmiş kabak çekirdeği (*Cucurbita pepo* L.) yağları: Fitosterollerin, skualenlerin, tokollerin, fenolik asitlerin, karotenoidlerin ve yağ asidi biyoaktif bileşiklerinin karakterizasyonu” adlı çalışmada farklı bölgelerden elde edilen kabak çekirdeği yağının toplam fenolik madde içeriğinin 3.96- 5.82 mg GAE/100 g yağ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir(Akın vd., 2018). Zeytinyağların toplam fenolik madde miktarı 40-900 mg/kg aralığında değişim gösterdiği bildirilmiştir (Montedoro vd. 1992; Baldioli vd., 1996). Yorulmaz ve Tekin (2009) Türk zeytinyağlarının sterol, fenolik ve trgliserit yapılarını belirledikleri çalışmada, farklı bölgelerden elde ettikleri zeytinyağlarının toplam fenolik madde miktarlarını 2006/2007 hasat yılında 48.72- 340.43, 2007/2008 hasat yılında ise

49.61-646.30 ppm aralığında tespit etmişlerdir (Yorulmaz ve Tekin, 2009). Aşık ve Özkan (2011) Memecik zeytin çeşidinden elde edilen zeytinyağının fiziksel, kimyasal ve antioksidan özelliklerini araştırdığı çalışmasında zeytinyağlarının toplam fenolik madde miktarını 169.25 mg GAE/kg yağ olarak belirlemişlerdir. Cevik vd. (2014), hasat zamanının natürel sızma zeytinyağının fizikokimyasal kalite parametreleri, oksidasyon stabilitesi ve uçucu bileşikleri üzerindeki etkisini araştırdığı çalışmalarında, farklı olgunluk zamanında Gemlik zeytinlerini hasat etmiş ve zeytinyağına işlemiştir. Elde edilen yağların toplam fenolik madde miktarları hasat zamanına göre değişim göstermiş ve 166.25 ile 227.80 mg GAE /kg yağ aralığında tespit edilmiştir. Sermet (2015), natürel sızma zeytinyağı fenolik bileşimi optimizasyonu çalışmasında farklı yoğurma sıcaklık ve süresinde elde ettiği zeytinyağlarının toplam fenolik madde miktarlarını 86.11-338.94 mg/kg aralığında tespit etmiştir.

Çizelge 4.5. Çalışmada kullanılan yağların tokoferol (ppm) içeriğine ilişkin ortalama değerler (n=2)

Örnek	Alfa tokoferol (α)	Beta tokoferol (β)	Gama tokoferol (γ)
A	884.58±2.42	25.68±4.45	42.08±6.67
F	618.64±0.53	27.61±0.20	85.89±0.45
S	48.01±0.19	nd	653.37±1.79
K	99.49±2.45	nd	nd
Z	171.13±0.19	37.43±0.50	nd

A:Ayçiçek yağı, F:Fındık yağı, S:Susam yağı, Z:Zeytinyağı, K: Kabak Çekirdeği Yağı

nd: tespit edilebilir değerin altındadır.

Çalışmada kullanılan yağların tokoferol (ppm) içeriğine ilişkin değerler Çizelge 4.5’de verilmiştir. Yağ örneklerinde α , β ve γ tokoferol miktarlarının sırasıyla 48.01-884.58 ppm, nd- 37.43 ppm ve nd- 653.37 ppm aralığında olduğu tespit edilmiştir. Yapılan literatür araştırmalarında Gotor ve Rhazi (2016), ayçiçek yağının tokoferol bileşimi üzerine rafinasyon basamaklarının etkisini araştırdıkları çalışmalarında, ayçiçek yağında α tokoferol miktarının 153-950 ppm, β tokoferol miktarının nd-45 ppm ve γ tokoferol miktarının ise nd- 34 ppm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Türk Tombul fıncığı (*Corylus avellana* L.) lipid özellikleri ve oksidatif stabilitesi üzerine yapılan çalışmada, Tombul fındıklarından yağ ekstraksiyonu yapılmış ve fındık yağının tokoferol bileşimi belirlenmiştir. α tokoferol miktarı 38.23 mg/100 g yağ, β tokoferol miktarı 1.15 mg/100 g yağ ve γ tokoferol miktarı 3.89 mg /100 g yağ

olarak tespit edilmiştir (Alasalvar vd., 2003). Rafinasyonun fındık yağının biyoaktif bileşimi ve oksidatif kararlılığı üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada rafinasyon işleminin tokoferol miktarında azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Fındık yağında rafinasyon işleminin sonunda tokoferol bileşimi belirlenmiş ve α tokoferol miktarı 459.69 mg/kg yağ, β tokoferol miktarı 10.41 mg/kg yağ, γ tokoferol miktarı 97.35 mg/kg yağ ve δ tokoferol miktarı ise 4.82 mg/kg yağ olarak tespit edilmiştir (Durmaz ve Gökmen, 2019). Makedonya'da soğuk preslenmiş yemeklik yağların kalite değerlendirmesinin yapıldığı çalışmada da sekiz saf soğuk pres yağ ve iki karışım yağın kimyasal bileşimi ve kalitesi incelenmiştir. Soğuk pres yağlardan birisi olan susam yağının tokoferol bileşimi belirlenmiştir. Soğuk pres susam yağında α ve β tokoferol tespit edilememiş ve γ tokoferol ise 51.6 mg/100 g yağ olarak tespit edilmiştir (Kostadinović Veličkovska vd., 2015). Nederal vd. (2012), kavrulmuş ve soğuk preslenmiş kabak çekirdeği yağlarının kimyasal bileşimi ve oksidatif stabilitesini araştırdıkları çalışmada, soğuk pres kabak çekirdeği yağlarının α , β , γ ve δ tokoferol miktarlarını belirlemişlerdir. α , β tokoferol miktarları sonuçlarımızla uyumlu bulunmuştur ancak γ ve δ tokoferol miktarları bizim çalışmamızda tespit edilememiştir. Farklılığın kabak çekirdeği cinsi ve elde etme yönteminden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Nederal vd., 2012). Akın vd. (2018) tarafından yapılan Türkiye'nin Orta Anadolu bölgesinden soğuk preslenmiş kabak çekirdeği (*Cucurbita pepo* L.) yağları: fitosterollerin, skualenlerin, tokollerin, fenolik asitlerin, yağ asidi ve karotenoidlerin biyoaktif bileşiklerinin karakterizasyonu” adlı çalışmada farklı bölgelerden elde edilen kabak çekirdeği yağının tokoferol bileşimi belirlenmiş ve alfa tokoferol miktarının 3.66-4.39, beta tokoferol miktarının 83.00-86.23 ve gama tokoferol miktarının 3.23-4.47 (mg/100 g yağ) arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Aşık ve Özkan (2011) tarafından yapılan, Memecik zeytin çeşidinden elde edilen zeytinyağının fiziksel, kimyasal ve antioksidan özelliklerinin araştırıldığı çalışmada, zeytinyağlarının tokoferol bileşimi belirlenmiş ve α tokoferol miktarı 205.45 mg/kg yağ, β tokoferol miktarı 1.645 mg/kg yağ, γ tokoferol miktarı 6.065 mg/kg yağ, δ tokoferol miktarı 0.325 mg/kg yağ olarak belirlenmiştir. Cevik vd. (2014), hasat zamanının, natürel sızma zeytinyağının fizikokimyasal kalite parametreleri, oksidasyon stabilitesi ve uçucu bileşikleri üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında, farklı olgunluk zamanında Gemlik zeytinlerini hasat etmiş ve zeytinyağına işlemiştir. Elde edilen yağların tokoferol bileşimi olgunluğa göre değişim göstermiştir. α tokoferol miktarının 128.35-154.50 mg/kg yağ, β

tokoferol miktarının 0.90-5.45 mg/kg yağ, γ tokoferol miktarının 0.80-1.20 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Cevik vd., 2014).

Çizelge 4.6. Çalışmada kullanılan yağların β - sitosterol (mg/kg) miktarlarına ilişkin ortalama değerler (n=2)

Örnek	Toplam β - sitosterol (mg / kg yağ)
A	1784.88±29.78
F	866.21±4.58
S	2335.85±21.76
K	1370.22±11.56
Z	1160.60±8.02

A:Ayçiçek yağı, F:Fındık yağı, S:Susam yağı, Z:Zeytinyağı, K: Kabak Çekirdeği Yağı

Çalışmada kullanılan yağların β - sitosterol (mg/kg yağ) miktarlarına ilişkin değerler Çizelge 4.6’da verilmiştir. Çizelge 4.6 incelendiğinde yağ örneğine göre β - sitosterol değişim aralığı 866.21 - 2335.85 mg /kg yağ aralığında saptanmıştır. En yüksek β - sitosterol içeriğine susam yağının sahip olduğu görülmektedir. Literatürde yağların sterol miktarını spektroskopik yöntem ile belirleme üzerine bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak literatür çalışmalarında, yağların toplam sterol miktarları GC yöntemi ile belirlenmiştir. Rafinasyon işleminin ayçiçek yağı minör bileşenler üzerine etkisinin araştırıldığı derlemede rafine ayçiçek yağının β - sitosterol içeriğinin 125-350 mg/100 g yağ aralığında değiştiği belirtilmiştir (Gotor ve Rhazi, 2016). Türk Tombul Fındığı (*Corylus avellana* L.) Lipid Özellikleri ve Oksidatif Stabilitesi adlı çalışmada, tombul fındık yağının sterol bileşimi belirlenmiş ve β - sitosterol miktarı 105.48 mg/100 g yağ olarak tespit edilmiştir (Alasalvar vd., 2003). Özdemir vd. (2018) tarafından yapılan susam yağının yağ asidi ve sterol bileşiminin FT-NIR spektroskopisi ve kemometri ile değerlendirilmesi çalışmasında 39 örneğin sterol bileşimi belirlenmiş β - sitosterol miktarı 2822.08 -3618.36 mg/kg yağ aralığında tespit edilmiştir (Özdemir vd., 2018). Akın vd. (2018) tarafından yapılan, Türkiye'nin Orta Anadolu bölgesinden soğuk preslenmiş kabak çekirdeği (*Cucurbita pepo* L.) yağlarına ait fitosterollerin, skualenlerin, tokollerin, fenolik asitlerin, karotenoidlerin ve yağ asidi biyoaktif bileşiklerinin karakterizasyonunun belirlendiği çalışmada farklı bölgelerden elde edilen kabak çekirdeği yağının sterol bileşimi ve toplam sterol miktarı belirlenmiş ve β - sitosterol miktarının 42.04 – 47.20 (mg/100 g yağ) aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Akın vd., 2018). Yorulmaz ve Tekin (2009) Türk zeytinyağlarının sterol, fenolik ve trigliserit yapılarını belirledikleri çalışmasında farklı zeytin çeşitlerinden elde ettiği zeytinyağlarının toplam sterol

miktarını 728.75 – 2247.07 mg/kg aralığında tespit etmiştir. Matthaus ve Özcan (2011) yaptıkları çalışmada Türk zeytin çeşitlerinden elde edilen zeytinyağların toplam sterol içeriğini 1200.80 - 2762 mg/ kg olarak belirlemişlerdir. Aydın vd. (2020), natürel sızma zeytinyağı sterol bileşimi optimizasyonu çalışmasında, farklı yoğurma sıcaklık ve süresinde elde ettikleri zeytinyağlarının toplam sterol madde miktarlarını 936.78-1574.55 aralığında belirlemişlerdir. Yağların toplam sterol içeriği literatür ile uyumludur, farklılıkların yöntem farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Yağların temel kalite parametreleri belirlendikten sonra oleomargarin üretimi deneme tasarımlarında belirtilen şartlarda gerçekleştirilmiş ve analizleri yapılmıştır.

4.1. Rafine Ayçiçek Yağının Soğuk Press Yağlarla Zenginleştirildiği Oleomargarinlere ait Deneme Desenleri

Margarin gibi ürünlerde en önemli özellik sürülebilirliktir. Sürülebilirlik, örneğin yüzeye ince bir tabaka halinde uygulanmasının kolaylığı olarak tanımlanabilmektedir. Sertlik ile sürülebilirlik arasında bir korelasyon olduğu ancak bu ilişkinin mükemmel olmadığı belirtilmiştir. Sertlik, örneği belirli bir basınç altında sıkıştırmak için gerekli olan kuvvet olarak tanımlanırken, yapışkanlık ise örneği yüzeyden çıkarmak için gerekli olan kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle, ideal bir sürülebilirlik elde etmek için hem sertlik hem de yapışkanlık değerlerinin her ikisinin de orta seviyelerde olması gerektiği tespit edilmiştir. İyi kalitede bir margarin, oda sıcaklığında akışkanlığını koruyacak kadar sert yapıda ve uygulandığı yüzeye tutunacak kadar yapışkan olmalıdır (Öğütücü vd., 2015). Yukarıdaki bilgilerden yola çıkarak bu çalışmada; soğuk pres çekirdek yağlar ile zenginleştirilmiş rafine ayçiçek yağları balmumu veya karnauba vaksları kullanılarak oleomargarin üretimi gerçekleştirilmiştir ve deneme desenleri aşağıda sırasıyla verilmiştir.

4.1.1. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağıyla zenginleştirildiği oleomargarinlere ait deneme deseni

Deneme desenine göre rafine ayçiçek yağının, soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin tekstürel değerlerinden sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerine ait elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Rafine ayçiçek yağının, soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri

Deneme	AKB ^a		AKK	
	Sertlik	Yapışkanlık	Sertlik	Yapışkanlık
1	91.35	-41.37	265.49	-56.35
2	6.61	-0.90	262.39	-54.07
3	389.75	-106.41	237.12	-55.59
4	10.39	-1.53	44.89	-8.89
5	90.52	-41.68	596.58	-99.85
6	467.67	-107.04	261.11	-52.88
7	84.30	-37.30	508.87	-102.55
8	87.09	-40.22	680.97	-108.16
9	273.39	-100.13	256.52	-52.65
10	74.61	-31.69	271.29	-55.08
11	17.89	-4.20	103.09	-18.20
12	148.37	-66.74	80.44	-17.71
13	72.80	-36.36	256.95	-59.40

^a, AKB; Ayçiçek yağı, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, AKK; Ayçiçek yağı, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı

Sertlik değeri AKB ve AKK örneklerinde sırasıyla 6.61 ile 467.67 g-kuvvet, 44.89 ile 680.97 g-kuvvet, yapışkanlık değeri ise -0.90 ile -107.04 g kuvvet, -8.89 ile -108.16 g kuvvet aralığında tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). Yapılan literatür taramalarında rafine ayçiçek yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirildiği yağların balmumu veya karnauba vaksı ile jelleştirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak Demirkesen (2017), farklı mumlarla oluşturulan oleojellerin reolojik ve tekstürel özelliklerini araştırdığı çalışmasında, ayçiçek yağına % 5 oranda ayçiçek, pirinç kepeği ve karnauba vaksı ilave ederek oleojel oluşturmuştur. Ayçiçek yağına % 5 oranında karnauba vaksı ilave edilerek hazırlanan

oleojel örneğinin sertlik değerini 283.481 g kuvvet ve yapışkanlık değerini ise 63.22 g kuvvet olarak bulunmuştur. Bu değerler bizim çalışmamızda 10 numaralı deneme örneğinin (Ayçiçek yağına % 30 kabak çekirdeği yağı ve % 7.5 vaks oranı ilaveli deneme) sertlik ve yapışkanlık değerleri ile uyumludur. Kabak çekirdeği yağının kullanıldığı bir oleojel çalışmasına ise rastlanmamıştır.

Rafine ayçiçek yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi ve devamında balmumu ve karnauba vaksı kullanılmasıyla üretilen oleomargarin örneklerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerinin üretim koşullarına bağlı değişimlerine ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri ise Çizelge 4.8’ de verilmiştir.

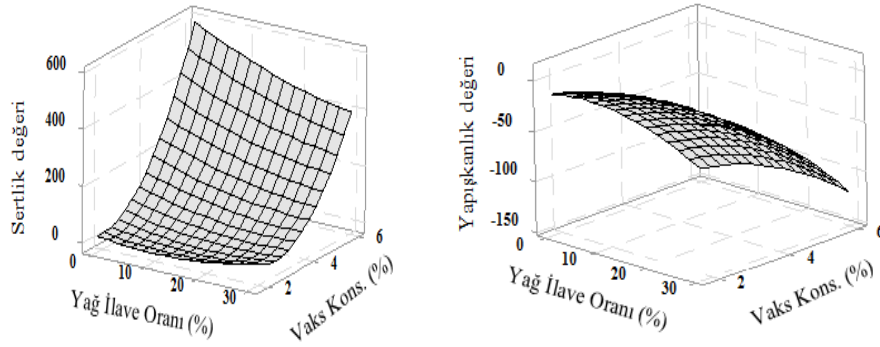
Çizelge 4.8. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimine ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri

Model Katsayıları ^a	AKB		AKK	
	Sertlik	Yapışkanlık	Sertlik	Yapışkanlık
β_0	140.9 ***	3.5 ***	348.1***	67.3 ***
β_1	0.654***	2.16ns	-4.71**	-0.07ns
β_2	-127.84***	-3.1***	-146.5***	-10.87***
β_{11}	0.109***	-0.059ns	0.003ns	-0.007ns
β_{22}	33.61***	-3.49*	17.48 ***	0.77ns
β_{12}	1.71 ***	0.06ns	0.87 *	0.04ns
Model	***	***	***	***
R^2	99.83	94.58	99.62	98.11

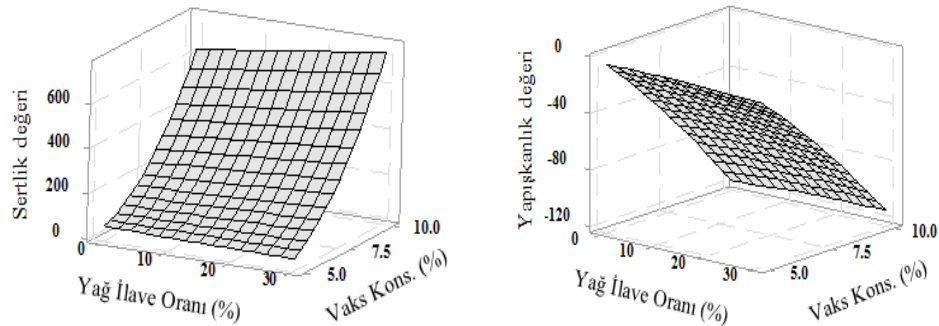
^a, β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (Doğrusal) denklem katsayısı, β_{ii} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ^{ns}, İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *, İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **, İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***, İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Çalışmada AKB ve AKK örneklerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri oleomargarin üretim koşullarına (yağ ilave oranı, vaks oranı) bağlı olarak modellenmiştir. Model performansları açısından bakıldığında elde edilen tüm eşitlikler, bağımlı değişkenler olan oleomargarinlerin (AKB ve AKK) sertlik ve yapışkanlık değerlerindeki değişimlerin %94’den fazlasını işlem koşullarına bağlı olarak açıklamaktadır ($R^2 > 0.94$) (Çizelge 4.8). Yanıt yüzey yöntemine göre elde edilen modellerde bağımsız değişkenlerden yağ ilave oranı AKB örneklerinin sertlik

değerlerinde birinci ve ikinci dereceden istatistiksel olarak önemli iken ($p \leq 0.001$), AKK örneklerinin sertlik değerinde ise birinci dereceden istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.01$) (Çizelge 4.8). Vaks oranının AKB ve AKK örneklerinin sertlik değerleri üzerine birinci ve ikinci dereceden etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.001$) (Çizelge 4.8). İki değişkenin interaksiyon teriminin AKB ve AKK'ya ait modellerdeki önem düzeyleri incelendiğinde her iki modelde de önemli olduğu görülmüştür ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.8). Diğer bir tekstürel özellik olan yapışkanlık değerlerinin işlem koşullarıyla değişimini açıklayan modeller incelendiğinde yağ ilave oranının her iki modelde de hem birinci hem de ikinci dereceden önemsiz olduğu ($p > 0.05$), vaks oranının ise sadece AKB'ye ait modelde ve sadece ikinci dereceden terim olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.8). Yapışkanlığa ait her iki modelde de interaksiyon terimleri önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$) (Çizelge 4.8).



Şekil 4.1. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AKB oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.2. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AKK oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.1. ve Şekil 4.2. incelendiğinde AKB ve AKK örneklerinde yağ ilave oranının artışı sertlik değerinde belirgin bir değişim göstermezken, vaks oranının artışı ile sertlik değerinde artış görülmektedir. Sertlik değeri verilerine benzer şekilde AKB ve AKK örneklerinin yapışkanlık değerleri üzerinde de yağ ilave oranı önemli bir değişikliğe neden olmamış, vaks oranının artışı ise örneklerin yapışkanlık değerlerini artırmıştır. Yapılan literatür araştırması sonucunda rafine ayçiçek yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirildiği ve balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen bir oleomargarin örneğine rastlanmamıştır. Ancak ayçiçek yağına farklı kombinasyon (β -sitosterol ve stearik asit (w/w, 20 g/ 100 g yağ)) ve farklı oranlarda (10-30 g / 100 g yağ) ilave edilerek hazırlanan oleojel örneklerinin fonksiyonel özellikleri belirlenmiştir. Araştırmacıların yaptığı çalışmalarda sertlik değerinin sonuçlarımızla benzer şekilde ayçiçek yağına ilave edilen β -sitosterol ve stearik asit oranının artışı ile artış gösterdiği bildirilmiştir (Yang vd., 2017). Yine sonuçlarımızı destekler nitelikte, Ögütçü ve Yılmaz (2015) da, morina karaciğeri yağı ile karnauba ve balmumu vaksı kullanarak ürettikleri olejel örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerlerinin vaks oranı ile doğru orantılı olarak değişim gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Rafine ayçiçek yağı soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu ve karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örnekleri oda şartlarında jelleştikten sonra bir gece +4 °C’de bekletilmiştir. Devamında jelleşen örneklerin farklı bölgelerinde renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) ölçülmüş ve sonuçlar Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerleri (L*, a* ve b*)

Deneme	AKB ^a			AKK		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	32.05	3.47	5.44	38.08	3.75	8.71
2	26.91	5.72	3.30	38.20	3.33	8.76
3	39.10	1.41	7.45	47.31	2.85	9.37
4	27.32	4.91	2.74	38.56	3.22	7.01
5	31.67	3.10	5.69	40.01	3.42	10.46
6	33.37	2.57	8.86	38.06	3.32	8.84
7	31.84	3.48	5.92	44.45	1.89	10.09
8	30.75	3.79	5.74	43.93	2.38	10.85
9	32.69	3.38	6.54	37.41	3.36	7.90
10	32.00	3.42	5.88	34.22	3.96	7.27
11	32.39	3.33	6.62	34.31	4.00	6.62
12	41.54	0.06	5.57	39.94	2.64	8.57
13	30.19	4.64	3.87	37.44	3.43	7.99

^a, AKB; Ayçiçek yağı, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, AKK; Ayçiçek yağı, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı

Çizelge 4.9’da görüldüğü üzere oleomargarin örneklerinin L*, a* ve b* değerlerinin sırası ile 26.91-41.54 (AKB için), 34.22- 47.31 (AKK için); 0.06-5.72 (AKB için), 1.89-4.00 (AKK için) ve 2.74-8.86 (AKB için), 6.62-10.85 (AKK için) aralığında değiştiği bulunmuştur. AKB ve AKK örneklerinde ayçiçek yağına ilave edilen kabak çekirdeği yağının, yağa ilave oranının artmasıyla renk değerlerinden L* değerinde azalma, a* ve b* değerlerinde ise artış gözlemlenmiştir. Bu artışın kabak çekirdeği yağının kendine özgü (L*, 27.65; a*, 8.25; b*, 0.25) koyu bir renge sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda hem rafine ayçiçek yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirildiği ve balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen bir oleomargarin örneğine hem de ayçiçek ve kabak çekirdeği yağı kullanılarak elde edilen oleojel örneğine ait renk değerlerine rastlanmamıştır.

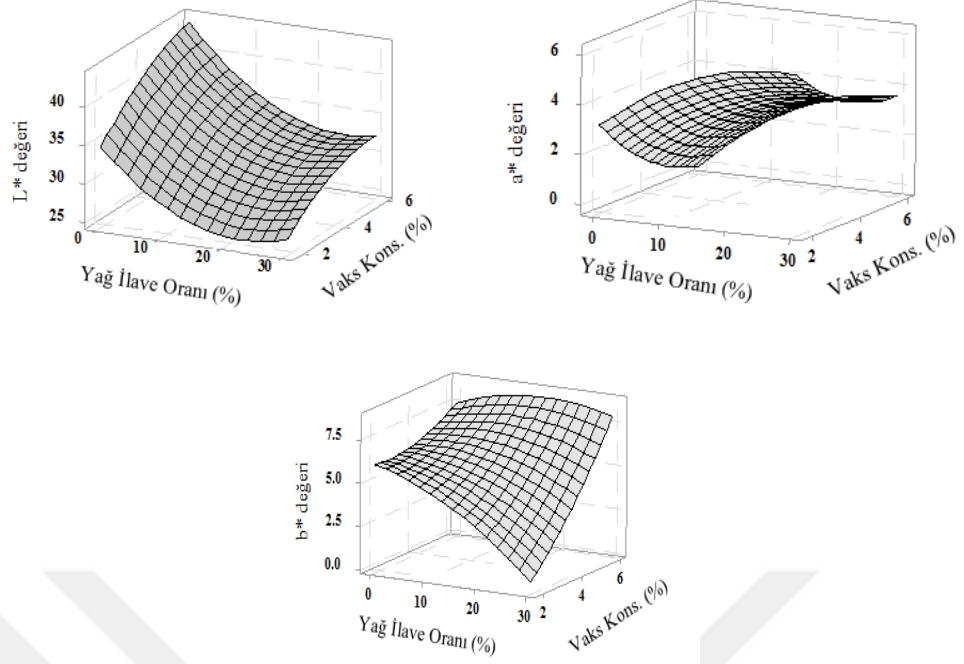
Rafine ayçiçek yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilip, balmumu ve karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin renk değerlerinin (L*, a* ve b*) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerini açıklayan modellerin model katsayıları ve performans parametreleri Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerine ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri

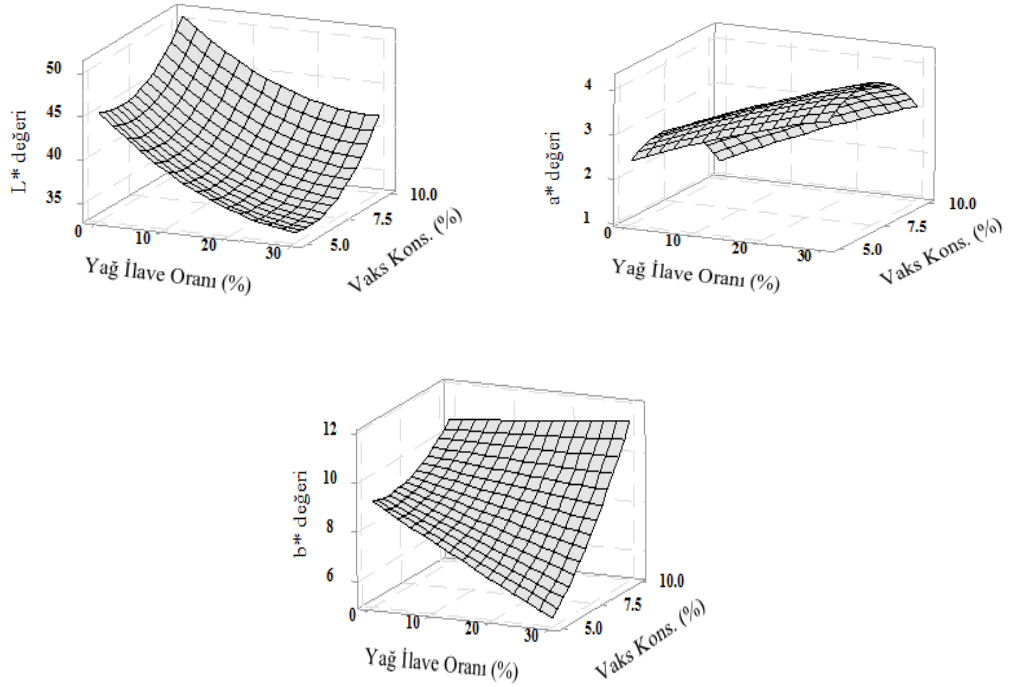
Model Katsayıları ^a	AKB			AKK		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
β_0	27.27***	5.95***	6.78***	62.2***	-2.11***	12.84***
β_1	-0.8**	0.205***	-0.16**	-0.76***	0.048***	-0.29**
β_2	4.82***	-1.84***	-0.63***	-5.56**	1.46**	-1.25***
β_{11}	0.018***	-0.004*	-0.004ns	0.01ns	-0.0004ns	0.0002ns
β_{22}	-0.35*	0.14ns	0.13ns	0.44*	-0.11**	0.10ns
β_{12}	0.02ns	0.01ns	0.047*	0.016ns	0.002ns	0.03*
Model	***	***	***	***	***	***
R^2	95.71	92.32	86.62	86.45	85.69	89.42

^a, β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (Doğrusal) denklem katsayısı. β_{ij} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ^{ns}. İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *. İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **. İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***. İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Çalışmada AKB ve AKK örneklerinin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) oleomargarin üretim koşullarına (yağ ilave oranı, vaks oranı) bağlı olarak modellenmiştir. Model performansları açısından bakıldığında elde edilen tüm eşitliklerin bağımlı değişkenler olan oleomargarinlerin (AKB ve AKK) L^* , a^* ve b^* renk değerlerindeki değişimlerin % 85'den fazlasını işlem koşullarına bağlı açıklamaktadır ($R^2 > 0.85$) (Çizelge 4.810). Yanıt yüzey yöntemine göre elde edilen modellerde bağımsız değişkenlerden yağ ilave oranı AKB ve AKK örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerlerinde birinci dereceden istatistiksel olarak önemli iken ($p \leq 0.01$), ikinci dereceden sadece AKB örneklerinin L^* ve a^* değerlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Diğer işlem değişkeni olan vaks oranı ise AKB ve AKK örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerlerinde birinci dereceden istatistiksel olarak önemli iken ($p \leq 0.01$); ikinci dereceden AKB örneklerinin L^* değerinde, AKK örneklerinin ise L^* ve a^* değerlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.10). İki değişkenin interaksiyon teriminin AKB ve AKK'ya ait modellerdeki önem düzeyleri incelendiğinde ise, interaksiyon terimi her iki modelde de L^* ve a^* değerlerinde istatistiksel olarak önemsiz iken ($p > 0.05$), b^* değerlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.10).



Şekil 4.3. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AKB olemargarinlerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.4. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AKK olemargarinlerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4. AKB ve AKK örneklerinin renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) yağ ilave oranı ve vaks oranına bağlı değişimlerini göstermektedir. AKB örneklerinin L^* değerleri üzerinde yağ ilave oranının etkisi kurve şeklinde görülmektedir. Model parametreleri incelendiğinde yağ ilave oranının ikinci dereceden teriminin de önemli çıktığı görülmüştür (Çizelge 4.10). Yağ ilave oranındaki artışla birlikte L^* değerleri önce hızlı şekilde azalmış, devamında azalış oranı zayıflamıştır (Şekil 4.3). Vaks oranındaki artış ile L^* değeri tüm yağ ilave oranlarında artış göstermiştir. Ancak bu artış da yine zamanla hızını kaybetmiştir. Bu durum vaks oranına ait ikinci dereceden terimin etkisini göstermektedir (Şekil 4.3). AKB oleomargarin örneklerinin a^* değerleri yağ ilave oranındaki artış ile artarken, vaks oranı ile sınırlı düzeyde azalmıştır (Şekil 4.3). Son renk parametresi olan b^* değerine ait şekil incelendiğinde bu renk parametresinin yağ ilave oranındaki artış ile arttığı, vaks oranındaki artışa bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Ancak bu etkilerin düşük yağ ilave oranlarında ve yüksek vaks oranlarında sönümlendiği açıktır (Şekil 4.3). Bu durum, iki bağımsız değişkenin model içerisindeki istatistiksel olarak önemli olan etkileşim terimi ile de uyumludur (Çizelge 4.10). Şekil 4.4'te AKK oleomargarin örneklerinin renk değerlerinin işlem koşullarıyla değişimlerini göstermektedir. AKK oleomargarin örneklerinin L^* değerleri üzerinde yağ ilave oranının ters orantılı etkisi varken, vaks oranı ile kurve şeklinde değişim göstermiş, başlangıçta sınırlı bir değişim varken, vaks oranı artıkça L^* değeri daha güçlü artış göstermiştir (Şekil 4.4). Örneklerin a^* değerleri incelendiğinde ise yağ ilave oranı artışının bu renk parametresini artırdığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.4.). Diğer işlem koşulu olan vaks oranının ise yine kurve etkisi gözlenmektedir. En düşük oran değerinden başlayarak artan oranlarda a^* değeri belli bir noktaya kadar artmış, devamında ise kısmen azalma gözlenmiştir (Şekil 4.4). AKK oleomargarin örneklerinin son renk parametresi olan b^* değeri üzerinde işlem koşullarının birinci dereceden etkileri ve kendi aralarındaki etkileşim terimine ait etki ilgili şekilde gözlenmektedir (Şekil 4.4). b^* değerleri yağ ilave oranı ile ters orantılı, vaks oranı ile doğru orantılı şekilde değişmektedir. Öte yandan etkileşim teriminin etkisi ile düşük yağ ilave oranlarında ve yüksek vaks oran değerlerinde bu değişimler zayıflamaktadır (Şekil 4.4). Tartışma için yapılan literatür taramalarında hem karışım yağ olarak hem de tek tek rafine ayçiçek ve kabak çekirdeği yağı oleojel veya oleomargarin renk değerlerini içeren herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Rafine ayçiçek yağının, soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örnekleri üretilmiştir. Üretimden hemen sonra sıvı halde iken yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanının (dakika) belirlenmesi için gerekli olan örnek miktarları alınmış ve üretimi takiben yağ bağlama kapasiteleri ve kristallenmesi için gereken süreler belirlenmiştir. AKB ve AKK oleomargarin örneklerinin yağ bağlama kapasitelerine (%) ve kristal oluşum zamanlarına (dakika) ait değerler Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Rafine ayçiçek yağının, soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri

Deneme	AKB ^a		AKK	
	YBK	KOZ	YBK	KOZ
1	99.06	8.50	86.91	7.50
2	61.28	63.00	86.35	7.55
3	99.53	8.26	85.92	7.50
4	74.13	52.59	63.41	20.35
5	99.09	7.45	96.00	7.46
6	99.60	9.07	86.73	7.40
7	99.03	8.10	95.86	7.34
8	98.94	9.30	96.77	7.24
9	99.48	9.00	86.94	7.57
10	99.03	9.39	84.46	7.54
11	90.59	26.15	72.26	11.03
12	99.53	9.14	75.51	12.09
13	98.63	8.45	86.80	7.39

^a AKB; Ayçiçek yağı, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, AKK; Ayçiçek yağı, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı

AKB ve AKK oleomargarin örneklerinin yağ bağlama kapasiteleri (%) sırasıyla 61.28 - 99.60 ve 63.41 - 96.77 aralığında ve kristal oluşum zaman (dakika) değerleri ise 7.45 - 63.00 ve 7.24 - 20.35 aralıklarında değişim göstermiştir (Çizelge 4.11). Sonuçlarımız ile benzer şekilde; karnauba vaksı ve monogliseritin (% 3, 7, 10) nar çekirdeği yağına ilave edilerek hazırlanan oleojel örneklerinin yağ bağlama kapasiteleri, karnauba vaksı ile hazırlanan oleojel örneklerinde % 39 - 97 arasında, monogliserit ile hazırlanan oleomargarin örneklerinde ise % 36 – 72 arasında saptanmıştır (Öğütücü ve Yılmaz, 2015a). Ayrıca %10 karnauba vaksı içeren

örneklerde yağ bağlama kapasitesi % 97 olarak belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda ise bu sonuç 8 numara deneme örneği (% 15 yağ, %10 vaks oranı) verileri ile uyumlu bulunmuştur. Ayrıca, yine sonuçlarımızla benzer şekilde ayçiçek yağına farklı jelatörler ilave edilerek hazırlanan oleojel üretim çalışmasında; araştırmacılar yağa ilave edilen jelatör oranı arttıkça örneğin yağ bağlama kapasitesinin de artış gösterdiğini tespit etmişlerdir (Yang vd., 2017).

Deneme desenine göre üretilen AKB ve AKK olemargarin örneklerinin yağ bağlama kapasitelerinde (%) ve kristal oluşum zamanlarında (dakika) işlem koşullarına bağlı değişimleri açıklamak için matematiksel eşitlikler geliştirilmiş, model terim katsayıları, önem düzeyleri ve model performans parametreleri belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

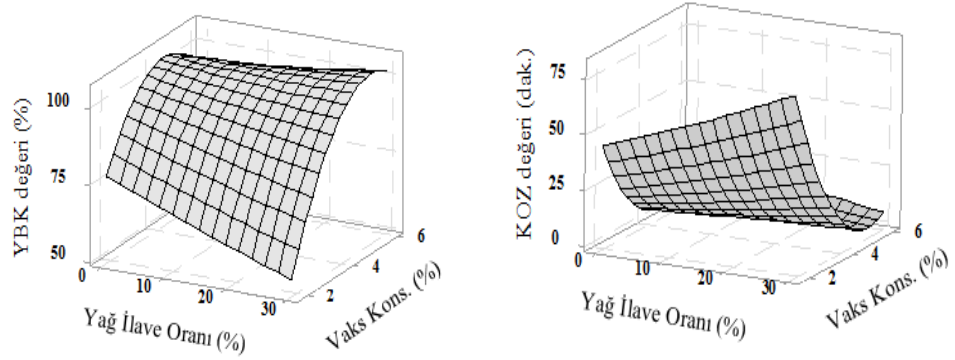
Çizelge 4.12. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerine ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri

Model Katsayıları ^a	AKB		AKK	
	YBK	KOZ	YBK	KOZ
β_0	28.9 ***	120.7 **	-5.78 ***	74.6***
β_1	- 1.30 ns	1.74 ns	-0.34ns	-0.06ns
β_2	34.59***	-54.25***	19.03***	-15.87***
β_{11}	0.003ns	0.005ns	-0.002ns	-0.003ns
β_{22}	- 4.006***	6.29***	-0.88***	0.92**
β_{12}	0.26 *	-0.40*	0.045ns	0.016ns
Model	***	***	***	**
R^2	92.02	94.47	98.18	83.55

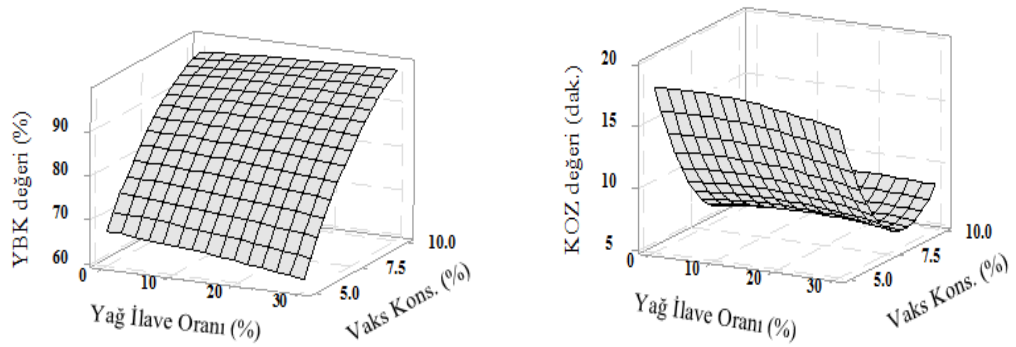
^a, β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (Doğrusal) denklem katsayısı. β_{ij} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ns. İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *. İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **. İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***. İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Elde edilen modellerin model performans parametreleri incelendiğinde AKK oleomargarin örneklerinin KOZ değerlerine ait eşitlik hariç, diğer tüm bağımlı değişkenlerdeki farklılıkların %90'dan fazlası işlem koşullarındaki değişime bağlı olarak bu eşitliklerle açıklanabilmiştir (Çizelge 4.12). Sadece AKK olemargarin örneklerinin KOZ değerlerindeki değişimin yaklaşık %80'ni işlem koşullarındaki

değişimle açıklanmıştır (Çizelge 4.12). AKB ve AKK örneklerinin YBK ve KOZ değerlerine ait modellerdeki yağ ilave oranına ait birinci ve ikinci dereceden terimler istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$) (Çizelge 4.12). Diğer bağımsız değişken olan vaks oranına ait birinci ve ikinci dereceden terimlerin ise AKB ve AKK oleomargarin örneklerinin YBK ve KOZ değerlerine ait eşitliklerde istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p \leq 0.01$) (Çizelge 4.12). Oleomargarin üretimindeki işlem koşullarının (yağ ilave oranı, vaks oranı) interaksiyon terimi AKB oleomargarin örneklerinin YBK ve KOZ değerlerinin değişimine ait modellerde önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.12).



Şekil 4.5. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AKB oleomargarinlerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.6. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AKK oleomargarinlerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.5.'te AKB oleomargarin örneklerinin YBK ve KOZ değerleri üzerine işlem koşullarının etkisini göstermektedir. İlgili şekilde YBK'nın düşük vaks oranlarında

yağ ilave oranı ile sınırlı düzeyde azaldığı, vaks oranındaki artışla birlikte bu değişimin de hemen hemen ortadan kalktığı görülmektedir (Şekil 4.5). Vaks oranı ise öncelikle YBK değeri üzerinde artırıcı bir etki gösterirken, belirli bir oran değeri aşıldıktan sonra YBK değerinde kısmen azalma eğilimi gözlenmiştir (Şekil 4.5). KOZ değerlerinde de YBK'ya benzer şekilde yağ ilavesinin doğru orantılı ama sınırlı bir etkisi olmuştur. Bu etki yine düşük vaks oranlarında belirginken, daha yüksek değerlere çıkıldıkça ortadan kalkmıştır (Şekil 4.5). Vaks oranının yine kurve etkisi AKB oleomargarin örneklerinin KOZ değerleri üzerinde de gözlenmiş, ancak farklı trend izlemiştir. Başlangıçta vaks oran artışı ile KOZ değerlerinde bir azalma olurken çalışılan aralıkta ortalama vaks oran değerinin üzerinde bir katkı olduğunda KOZ değeri tekrardan artış yönünde ancak sınırlı düzeyde bir eğilim göstermiştir (Şekil 4.5). Şekil 4.6 incelendiğinde AKK oleomargarin örneklerinin YBK ve KOZ değerleri üzerine işlem koşullarının etkisi görülmektedir. YBK'nın yağ ilave oranı ile hemen hemen hiç değişmediği görülmektedir (Şekil 4.6). Vaks oranı ise YBK değerinde artırıcı bir etki gösterirken yine AKB örneğinde olduğu gibi belli bir oran değerinden sonra artış hızında kısmi azalma eğilimi gözlenmektedir (Şekil 4.6). KOZ değerleri üzerine yağ ilavesinin etkisi gözlenmezken, vaks oranının AKB oleomargarin örneklerinde görüldüğü gibi AKK örneklerinin KOZ değerlerinde de önce azaltıcı, sonrasında da kısmi artışla sonuçlanan kurve etkisi gözlenmiştir (Şekil 4.6). Model parametreleri incelendiğinde oranının ikinci dereceden terimi önemli çıktığı görülmektedir (Çizelge 4.12). Margarin, oleojel gibi sürülebilir ürünlerde kullanılan yağ ve kullanılan oleojelatör ve oleojatörün kullanım oranı ürünün yağ bağlama kapasitesi ve kristalleşmesi için geçen süre üzerine oldukça etkilidir ve yağların stabil yapıyı koruması ve sürülebilir ürünlerde herhangi bir sızma olmaması için yüksek yağ bağlama kapasitesine sahip yağların tercih edilmesi önerilmektedir (Patel vd., 2014). Sonuçlarımızla uyumlu olarak, ayçiçek yağına jelatör olarak kullanılan β -sitosterol ve stearik asit, farklı kombinasyon (w/w, 20 g/ 100 g yağ) ve farklı oranlarda (10-30 g / 100 g yağ) ilave edilerek hazırlanan oleojel örneklerinde, yağa ilave edilen jelatör oranı arttıkça örneğin yağ bağlama kapasitesinin artış gösterdiği tespit edilmiştir (Yang vd., 2017). Yine benzer şekilde, karnauba vaksı ve monogliseritin (% 3, 7, 10) nar çekirdeği yağına ilave edilerek hazırlanan oleojel örneklerinde de yağa ilave edilen jelatör oranı arttıkça yağ bağlama kapasitelerinin artış gösterdiği bildirilmiştir (Öğütücü ve Yılmaz, 2015a).

4.1.2. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağıyla zenginleştirildiği oleomargarinlere ait deneme deseni

Ayçiçek yağı deneme deseninde belirtilen şartlarda susam yağı ile zenginleştirildikten sonra balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin tekstürel değerlerinden sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet), renk değerleri, kristal oluşum zamanı ve yağ bağlama kapasitesi değerleri ölçülmüştür. Bu değerlerin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait model katsayıları ve değerlendirme parametreleri belirlenmiştir. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilip, balmumu vaksı veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin tekstürel değerlerinden sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet) Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet)

Deneme	ASB ^a		ASK	
	Sertlik	Yapışkanlık	Sertlik	Yapışkanlık
1	118.34	-56.60	255.49	-58.61
2	10.65	-1.46	245.97	-58.94
3	398.03	-105.76	253.75	-56.34
4	23.43	-7.52	62.77	-13.16
5	108.90	-48.85	521.37	-99.36
6	532.61	-108.57	248.30	-54.51
7	144.61	-61.92	510.90	-101.35
8	123.42	-57.53	623.19	-107.59
9	346.68	-105.43	242.77	-54.92
10	128.20	-61.69	232.91	-59.49
11	26.51	-8.36	102.64	-22.69
12	151.73	-75.12	94.27	-22.20
13	105.98	-48.56	227.64	-56.56

^a, ASB; Ayçiçek yağı, susam yağı, balmumu vaksı, ASK; Ayçiçek yağı, susam yağı, karnauba vaksı.

Sertlik değeri ASB ve ASK örneklerinde sırasıyla 10.65 - 532.61 g-kuvvet, 62.77 - 623.19 g-kuvvet, yapışkanlık değeri ise -108.57 - -1.46, -107.59 - -13.16 g kuvvet aralığında tespit edilmiştir (Çizelge 4.13). Yapılan literatür taramalarında rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirildiği yağların balmumu veya karnauba vaksı ile jelleştirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak

literatürde ayçiçek ve susam yağının farklı jelleştirici ajanlar kullanılarak ayçiçek ve susam yağı oleojel çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmalardan ilkinde ayçiçek yağına % 5 oranda karnauba vaksını ilave ederek hazırlanan oleojel örneğinin sertlik değeri 283.481 g kuvvet ve yapışkanlık değeri ise 63.22 g kuvvet olarak bulunmuştur (Demirkesen, 2017). Susam yağına farklı oranlarda balmumu vaksı ilave edilerek üretilen oleojellerin köfte yapımında hayvansal yağ kaynaklarına ikame olarak kullanılmasının araştırıldığı diğer bir çalışmada ise, balmumu vaksı oleojellerinin hayvansal yağlardan daha az sertliğe sahip olduğu belirlenmiştir. % 5, 7.5 ve 10 oranına sahip susam yağı oleojellerinin sertlik değerleri yaklaşık olarak 101.97 ile 305.95 g kuvvet aralığında tespit edilmiştir (Moghtadaei vd., 2018). Çalışmamızda elde edilen veriler literatürle uyumludur.

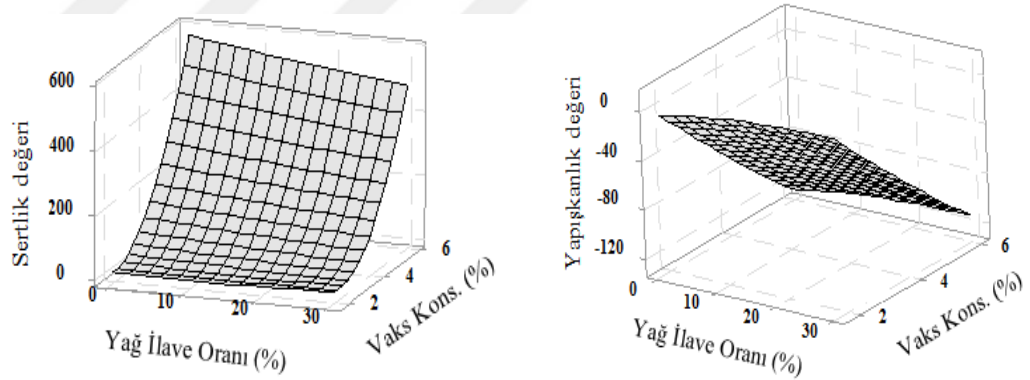
Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerini açıklayan model katsayıları ve değerlendirme parametreleri Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerine ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri

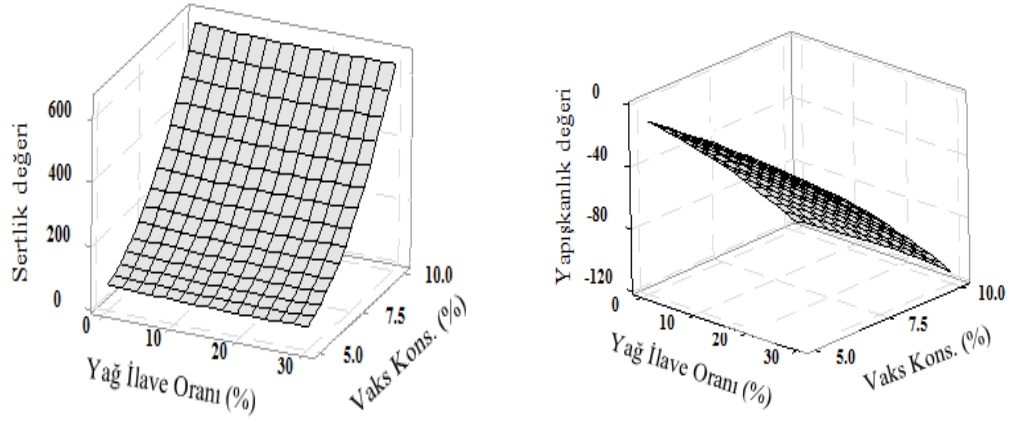
Model Katsayıları ^a	ASB		ASK	
	Sertlik	Yapışkanlık	Sertlik	Yapışkanlık
β_0	130.9***	54.4***	346***	55.5***
β_1	1.09**	0.98ns	-1.18ns	0.03ns
β_2	-121.5***	-34.2***	-139.7***	-9.45***
β_{11}	0.02ns	-0.016ns	0.03ns	-0.01ns
β_{22}	32.52***	0.70ns	16.96***	-0.77ns
β_{12}	0.76ns	-0.01ns	0.03ns	0.033ns
Model	***	***	***	***
R^2	99.45	94.31	99.35	98.49

^a, β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (Doğrusal) denklem katsayısı. β_{ij} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ^{ns}. İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *. İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **. İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***. İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Çalışmada ASB ve ASK örneklerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri oleomargarin üretim koşullarına (yağ ilave oranı, vaks oranı) bağlı olarak modellenmiştir. Model performansları açısından bakıldığında elde edilen tüm eşitlikler, bağımlı değişkenler olan oleomargarinlerin (ASB ve ASK) sertlik ve yapışkanlık değerlerindeki değişimlerin %94'den fazlasını işlem koşullarına bağlı olarak açıklamaktadır ($R^2 > 0.94$) (Çizelge 4.14). Yanıt yüzey yöntemine göre elde edilen modellerde bağımsız değişkenlerden yağ ilave oranı ASB örneğinin sertlik değerlerinde birinci dereceden istatistiksel olarak önemli iken ($p \leq 0.05$), ASB örneğinin yapışkanlık değerinde ve ASK örneğinin sertlik ve yapışkanlık değerlerinde istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p > 0.05$). Vaks oranının ASB ve ASK örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerleri üzerine birinci dereceden etkileri ile ASB ve ASK örneklerinin sertlik değerleri üzerine ikinci dereceden etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.001$) (Çizelge 4.14). İki değişkenin interaksiyon teriminin ASB ve ASK'ya ait modellerdeki önem düzeyleri incelendiğinde her iki modelde de önemsiz olduğu görülmüştür ($p > 0.05$) (Çizelge 4.14).



Şekil 4.7. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin ASB olemargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet), değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.8. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin ASK olemargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet), değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.7 ve Şekil 4.8 incelendiğinde ASB ve ASK oleomargarin örneklerinin yağ ilave oranı (%), vaks oranı (%) değişkenlerinin oleomargarin örneklerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi görülmektedir. ASB ve ASK örneklerinin sertlik değeri üzerine yağ ilave oranının önemli bir etkisi görülmemektedir (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8). ASB ve ASK örneklerinin sertlik değerleri üzerinde vaks oranının etkili olduğu görülmektedir. Oleomargarin örneklerinin sertlik değerlerinin vaks oranındaki artışla birlikte yükseldiği, ancak yükseliş eğiminde sonlara doğru kısmen azalma olduğu görülmektedir. Bu azalmanın ASB ve ASK örneklerine ait sertlik değerlerinin modellerinde yer alan vaks oranının ikinci dereceden terimlerinin etkisiyle olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 4.14). ASB ve ASK örneklerinin yapışkanlık değeri üzerinde de yağ ilave oranının etkisi sınırlı düzeyde kalmıştır. Yapışkanlık değeri üzerine diğer değişken olan vaks oranının ters orantılı etkisi görülmektedir. Vaks oranındaki artışla birlikte örneklerin yapışkanlık değerleri artmaktadır (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8). Diğer araştırmacılar da benzer şekilde, ayçiçek ve susam yağına ilave edilen jelleştirici ajanların oranları arttıkça oleojellerin sertlik değerlerinde artış saptandığını bildirmişlerdir (Demirkesen, 2017, Moghtadaei vd., 2018).

Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örnekleri oda şartlarında jelleştikten sonra bir gece +4 °C'de bekletilmiştir. Devamında jelleşen örneklerin

farklı noktalarında renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) ölçülmüş ve Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*)

Deneme	ASB ^a			ASK		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1	36.14	-0.21	1.73	45.07	0.34	7.67
2	29.20	1.56	2.00	45.28	0.33	8.09
3	40.38	-1.04	1.93	43.92	0.50	8.08
4	32.22	0.86	2.08	43.11	0.25	7.21
5	36.20	-0.27	1.68	44.68	0.45	9.43
6	41.17	-1.16	2.82	45.02	0.18	7.99
7	36.35	-0.21	1.73	45.82	0.42	8.65
8	36.17	-0.28	1.71	45.94	0.56	9.60
9	40.42	-1.40	3.06	45.28	0.33	8.09
10	36.37	-0.17	1.70	43.64	0.34	8.83
11	32.08	0.62	1.05	42.24	0.41	8.07
12	36.00	-0.90	0.84	42.26	0.39	8.07
13	36.42	-0.72	2.16	45.37	0.35	8.18

^a ASB=Ayçiçek yağı, susam yağı, balmumu vaksı; ASK= Ayçiçek yağı, susam yağı, karnauba vaksı.

Çizelge 4.15’de görüldüğü üzere oleomargarin örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerleri sırası ile 29.20-41.17 (ASB için), 42.24- 45.94 (ASK için); -1.40-1.56 (ASB için), 0.25-0.56 (ASK için) ve 0.84-3.06 (ASB için), 7.21-9.60 (ASK için) aralığında değişmiştir. ASB ve ASK örneklerinde ayçiçek yağına ilave edilen susam yağının, yağa ilave oranının artmasıyla renk değerlerinden L^* ve b^* değerlerinde artış, a^* değerinde ise kısmi azalma gözlemlenmiştir. Susam yağına farklı oranlarda balmumu vaksı ilave edilerek üretilen oleojellerin, köfte yapımında hayvansal yağ kaynaklarına ikame olarak kullanılmasının araştırıldığı bir çalışmada, balmumu vaksı oleojellerin L^* değeri 26.53 ile 36.46, a^* değeri -1.64 - -0.90 ve b^* değeri ise 7.44 ile 11.31 aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular ile benzer şekilde yağa ilave edilen vaks oranı arttıkça L^* ve b^* değerlerinde artış, a^* değerinde ise kısmi azalma tespit edilmiştir (Moghtadaei vd., 2018).

Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerine ait model katsayıları ve değerlendirme parametreleri Çizelge 4.16’da verilmiştir.

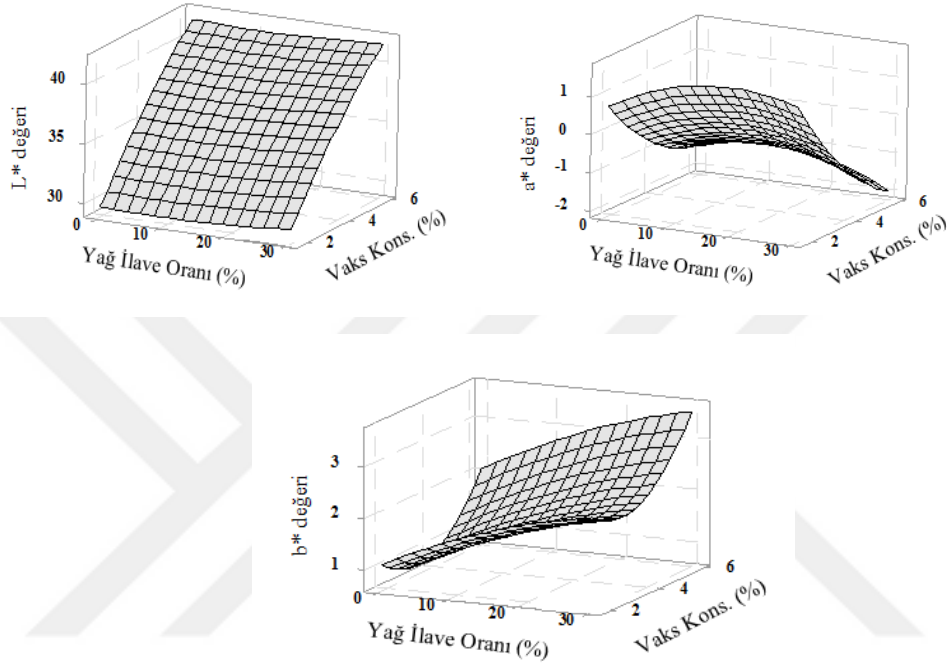
Çizelge 4.16. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri

Model Katsayıları ^a	ASB			ASK		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
β_0	22.87***	2.71***	2.41***	28.95***	1.109***	10.71***
β_1	-0.02ns	0.112ns	0.06***	0.31ns	-0.02ns	-0.13*
β_2	4.14***	-1.30***	-1.05***	3.04***	-0.21ns	-0.89***
β_{11}	0.001ns	-0.002***	-0.001ns	-0.01***	0.001ns	0.002*
β_{22}	-0.172*	0.103***	0.164***	-0.141*	0.0162ns	0.074*
β_{12}	-0.002ns	-0.01**	0.002ns	-0.015ns	0.0001ns	0.010ns
Model	***	***	***	***	ns	***
R^2	99.09	99.31	96.63	91.35	34.74	85.21

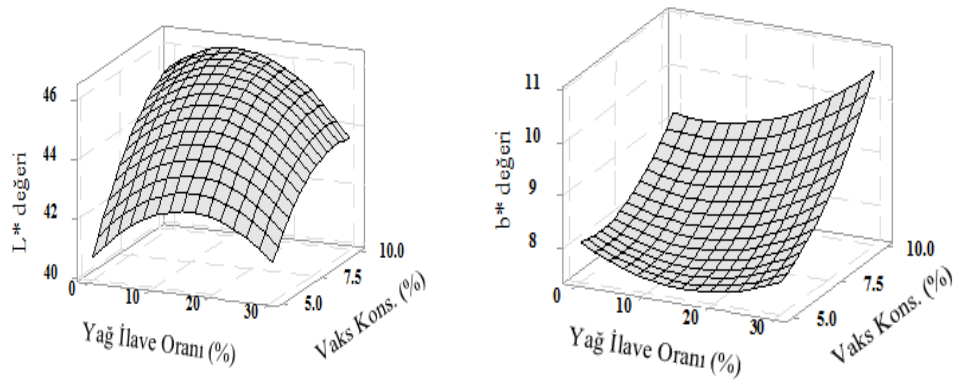
^a. β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (Doğrusal) denklem katsayısı, β_{ij} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır, ^{ns}, İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **, İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***, İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Çalışmada ASB ve ASK örneklerinin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) oleomargarin üretim koşullarına (yağ ilave oranı, vaks oranı) bağlı olarak modellenmiştir. Model performansları açısından bakıldığında elde edilen tüm eşitlikler, bağımlı değişkenler olan oleomargarinlerin (ASB ve ASK) renk değerlerindeki (ASK örneğinin a^* değeri hariç) değişimlerin %85’den fazlasını işlem koşullarına bağlı olarak açıklamaktadır ($R^2 > 0.85$) (Çizelge 4.16). Yanıt yüzey yöntemine göre elde edilen modellerde bağımsız değişkenlerden yağ ilave oranının birinci dereceden terimi ASB örneklerinin b^* değerleri üzerinde etkili iken, a^* değerine ait eşitlikte ikinci dereceden ve vaks oranıyla etkileşim terimi açısından önemli bulunmuştur ($p \leq 0.01$) (Çizelge 4.16). Vaks oranı ise ASB oleomargarin örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerlerine ait modellerde hem birinci dereceden hem de ikinci dereceden önemli çıkmıştır ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.16). ASK örneklerine ait modeller incelenmiştir. Yağ ilave oranının örneklerin b^* değeri üzerinde birinci dereceden, L^* ve yine b^* değeri üzerine ise ikinci dereceden etkileri önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.16).

Diğer değişken vaks oranına ait hem birinci hem de ikinci dereceden terimlerin L^* ve b^* değerlerine ait modellerde önemli olduğu görölmüştür ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.16) ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.16). ASK oleomargarin örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerlerine ait modellerde yer alan etkileşim terimleri ise önemsiz çıkmıştır ($p > 0.05$) (Çizelge 4.16).



Şekil 4.9. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin ASB oleomargarinlerinin L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.10. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin ASK oleomargarinlerinin L^* ve b^* değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.9 incelendiğinde ASB oleomargarin örneklerinin renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) yağ ilave oranı ve vaks oranına bağlı değişimleri görülmektedir. ASB örneklerinin L^* değerleri üzerinde yağ ilave oranındaki artış önemsiz iken, vaks oranındaki artışa bağlı olarak artış görülmektedir. ASB oleomargarin örneklerinin a^* değeri üzerinde yağ ilave oranının ve vaks oranının etkileri kurve şeklinde görülmektedir (Şekil 4.9). Vaks oranının artışı ile a^* değerinde azalma olmaktadır. Ancak bunun şiddeti ikinci dereceden terim etkisi ile yüksek vaks oranlarına doğru düşmektedir. Benzer şekilde ancak ters yönde bir yağ ilave oranı etkisi de yine a^* değeri üzerinde görülmektedir. Model parametreleri incelendiğinde bu iki değişkenin ikinci dereceden terimlerinin önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 4.16). Diğer renk parametresi, b^* değeri üzerine yağ ilave oranının doğrusal etkisi vardır (Şekil 4.9). Yağ ilave oranındaki artışa bağlı olarak b^* değeri artış göstermiştir. Vaks oranının ise kurve şeklinde bir etkisi gözlenmiş olup, başlangıçta vaks oranındaki artışa bağlı bir azalma, devamında ise artış görülmektedir (Şekil 4.9).

Şekil 4.10 incelendiğinde ise yağ ilave oranı ve vaks oranının benzer yönde kurve etkileri ASK oleomargarin örneklerinin L^* değerleri üzerinde de gözlenmiştir. Her iki değişkenin başlangıçta artışı ile L^* değerlerinde bir artış olurken çalışılan aralıkta ortalama yağ ilave değeri ve vaks oranı sonrası bu değişkenlerdeki artışla L^* değeri azalma yönünde bir eğilim göstermiştir (Şekil 4.10). Diğer renk değeri olan b^* değeri, yağ ilave oranı ve vaks oranı ile kurve şeklinde değişim göstermiştir (Şekil 4.10). Yağ ilave oranının etkisi daha belirgin iken, vaks oranının etkisi sınırlı düzeyde kalmıştır. Ancak her iki değişken içinde değişim trendleri aynı olmuştur (Şekil 4.10). Diğer araştırmacılar da sonuçlarımızla benzer şekilde, susam yağına ilave edilen balmumu vaksının oranı arttıkça (% 5, 7.5, 10) L^* ve b^* değerlerinde artış, a^* değerinde ise kısmi azalma tespit etmişlerdir (Demirkesen, 2017, Moghtadaei vd., 2018).

Rafine ayçiçek yağının, soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu ve karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinden üretimden hemen sonra sıvı halde iken yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanının (dakika) belirlenmesi için gerekli olan örnek miktarları alınmış ve üretimi takiben yağ bağlama kapasiteleri ve kristallenmesi için gereken süreler belirlenmiştir.

ASB ve ASK oleomargarin örneklerinin yağ bağlama kapasitelerine (%) ve kristal oluşum zamanlarına (dakika) ait değerler Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Rafine ayçiçek yağının, soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri

Deneme	ASB ^a		ASK	
	YBK	KOZ	YBK	KOZ
1	99.72	11.50	85.29	8.00
2	55.25	25.40	86.25	8.02
3	99.88	12.10	84.61	8.28
4	55.28	17.30	64.14	14.15
5	98.46	12.00	96.93	7.50
6	99.92	10.00	86.73	8.05
7	98.95	11.23	91.51	8.10
8	99.12	11.30	97.16	7.40
9	99.82	10.30	86.97	8.10
10	99.06	11.40	86.51	8.30
11	83.28	16.30	70.69	9.57
12	99.63	12.15	73.51	13.30
13	99.76	12.30	85.70	8.05

^a ASB; Ayçiçek yağı, susam yağı, balmumu vaksı; ASK; Ayçiçek yağı, susam yağı, karnauba vaksı.

ASB ve ASK örneklerinde yağ bağlama kapasiteleri (%) sırasıyla 55.25 - 99.92, 64.14-97.16 aralığında iken, kristal oluşum zamanları (dak.) 10.00-25.40, 7.40 - 14.15 dakika aralığında değişim göstermiştir(Çizelge 4.17). Yapılan literatür araştırmaları sonucunda hem rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirildiği ve balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen bir oleomargarin örneğine hem de susam yağı kullanılarak elde edilen oleojel örneğine ait YBK ve KOZ değerlerine ait verilere rastlanmamıştır. Ancak, yine sonuçlarımızla benzer şekilde ayçiçek yağına farklı jelatörler ilave edilerek hazırlanan oleojel üretim çalışmasında; araştırmacılar yağa ilave edilen jelatör oranı arttıkça örneğin yağ bağlama kapasitesinin de artış gösterdiğini tespit etmişlerdir (Yang vd., 2017).

Deneme desenine göre üretilen ASB ve ASK olemargarin örneklerinin yağ bağlama kapasitelerinde (%) ve kristal oluşum zamanlarında (dakika) işlem koşullarına bağlı değişimleri açıklamak için matematiksel eşitlikler geliştirilmiş, model terim

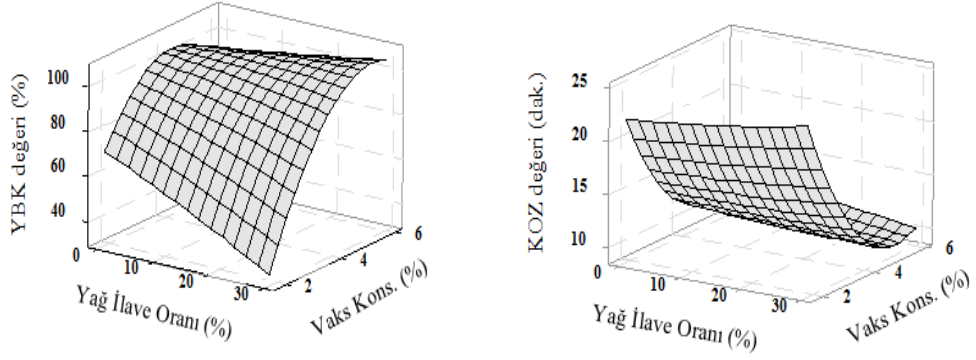
katsayıları, önem düzeyleri ve model performans parametreleri belirlenmiştir(Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasitesi ve kristal oluşum zamanının üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri

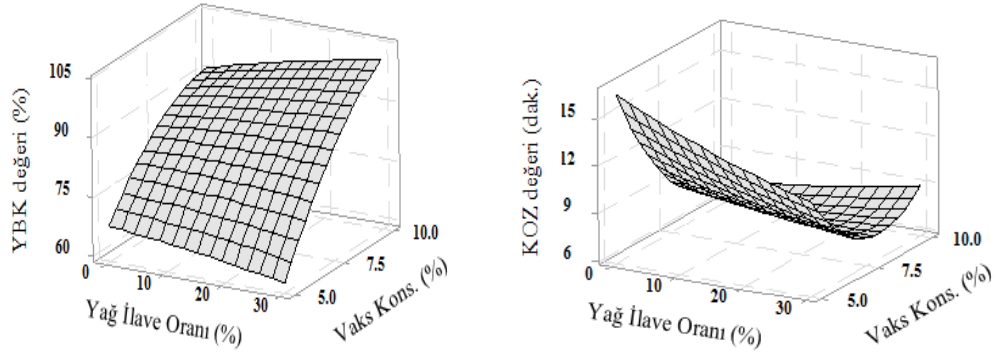
Model Katsayıları ^a	ASB		ASK	
	YBK	KOZ	YBK	KOZ
β_0	9.2***	39.16***	-0.81***	47.67***
β_1	-1.85ns	0.13ns	-0.682*	-0.40ns
β_2	44.38***	-11.99***	18.01***	-8.47***
β_{11}	-0.01ns	0.0012ns	-0.003ns	0.001ns
β_{22}	-5.23***	1.28**	-0.88***	0.44***
β_{12}	0.44*	0.044ns	0.11***	0.04*
Model	***	**	***	***
R^2	93.08	86.78	99.58	90.78

^a, β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (Doğrusal) denklem katsayısı. β_{ij} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ^{ns}. İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *. İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **. İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***. İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Çalışmada ASB ve ASK oleomargarin örneklerinin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) oleomargarin üretim koşullarına bağlı olarak modellenmiştir. Model performansları açısından bakıldığında elde edilen tüm eşitlikler, bağımlı değişkenler olan oleomargarinlerin (ASB ve ASK) YBK (%) ve KOZ (dak.) değerlerindeki değişimlerin %86'dan fazlasını işlem koşullarına bağlı olarak açıklamaktadır ($R^2 > 0.86$) (Çizelge 4.18). Yanıt yüzey yöntemine göre elde edilen modellerde bağımsız değişkenlerden yağ ilave oranının ASB ve ASK örneklerinin YBK ve KOZ değerlerinde birinci ve ikinci dereceden terimleri ASK örneklerinin YBK değerine ait modelde birinci dereceden terimi hariç ($p \leq 0.05$) istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Diğer işlem parametresi olan vaks oranı ise her iki örnek grubunda YBK ve KOZ değerlerinde birinci ve ikinci dereceden terimleri önemli bulunmuştur ($p \leq 0.01$). (Çizelge 4.18). İki değişkenin interaksiyon teriminin elde edilen modellerden sadece ASB örneklerinin KOZ değerlerindeki değişimi açıklayan eşitliğinde önemsiz ($p > 0.05$), diğer modellerde ise önemli olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.18).



Şekil 4.11. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin ASB oleomargarinlerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.12. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin ASK oleomargarinlerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.11 incelendiğinde yağ ilave oranı artışının YBK değerleri üzerine etkisi sınırlı seviyede, vaks oranının etkisi kurve şeklinde gözlenmiştir. Vaks oranı artışının YBK değerinde neden olduğu yükselmenin şiddeti çalışılan aralıkta yüksek oranlara doğru çıkıldıkça azalmıştır. Ancak vaks oranının bu etkisi düşük yağ ilave oranlarında daha düşük seviyelerde kalmıştır (Şekil 4.11). KOZ değeri açısından baktığımız zaman yağ ilave oranının artışı ile belirgin bir değişim gözlenmezken, diğer proses değişkeni olan vaks oran artışı ile kurve şeklinde, başlangıçta güçlü devamında ise gittikçe zayıflayan bir şiddette bir değişim gözlenmiştir (Şekil 4.11). KOZ değerlerinde vaks oranının etkisi azaltıcı yönde olmuştur.

Şekil4.12’de görüldüğü üzere yağ ilave oranının artışının, yine ASB örneğine benzer şekilde ASK örneğinin YBK değeri üzerine sınırlı bir etkisi olmuştur. Bununla birlikte vaks oranının artışı ile YBK değerinde artış gözlenmiştir. Vaks oranının YBK üzerindeki kurve şeklindeki etkisi ise sınırlı düzeyde kalmıştır. KOZ değeri üzerine yağ ilave oranını etkisi gözlenmezken vaks oranının kurve etkisi görülmektedir (Şekil 4.12). Vaks oranının çalışılan aralıkta ortalama bir noktaya kadar artışı ile KOZ değerinde azalma sonrasında ise kısmi bir artış gözlenmiştir. Sonuçlarımızla uyumlu olarak, yapılan diğer çalışmalarda da ayçiçek yağına ilave edilen jelatörlerin oranları arttıkça yağ bağlama kapasitelerinin artış gösterdiği bildirilmiştir (Öğütçü ve Yılmaz, 2015a, Yang vd., 2017).

4.1.3. Rafine ayçiçek yağının natürel sızma zeytinyağıyla zenginleştirildiği oleomargarinlere ait deneme deseni

Ayçiçek yağı deneme deseninde belirtilen şartlarda natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirildikten sonra, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin tekstürel değerlerinden sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet), renk değerleri (L^* , a^* ve b^*), kristal oluşum zamanı ve yağ bağlama kapasitesi değerleri ölçülmüştür. Bu değerlerin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait model katsayıları ve değerlendirme parametreleri belirlenmiştir. Rafine ayçiçek yağı deneme deseninde belirtilen oranlarda natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirildikten sonra yine belirlenmiş olan oranlarda balmumu veya karnauba vaksı ilave edilerek üretilen oleomargarin örneklerinin tekstürel değerlerinden sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet) Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Rafine ayçiçek yağının soğuk pres zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet)

Deneme	AZB ^a		AZK	
	Sertlik	Yapışkanlık	Sertlik	Yapışkanlık
1	166.71	-74.54	250.25	-66.35
2	13.46	-2.03	260.03	-61.24
3	503.04	-106.02	262.74	-58.44
4	26.09	-8.9	52.01	-11.60
5	150.44	-75.02	539.64	-107.76
6	618.36	-105.8	260.48	-58.73
7	137.57	-62.47	544.90	-119.11
8	166.94	-77.19	714.57	-112.68
9	413.02	-106.23	249.72	-61.17
10	160.99	-81.21	240.79	-55.77
11	27.78	-9.82	93.30	-22.95
12	118.06	-52.55	86.32	-19.88
13	113.6	-54.78	229.96	-55.86

^a AZB; Ayçiçek yağı, zeytinyağı, balmumu vaksı; AZK; Ayçiçek yağı, zeytinyağı, karnauba vaksı.

Çizelge 4.19’da görüldüğü üzere AZB ve AZK örneklerinde sırasıyla sertlik değerleri; 13.46 - 618.36 g kuvvet, 52.01 - 714.57 g kuvvet aralığında, yapışkanlık değerleri ise -106.23 - -2.03 g kuvvet ve -119.11 - -11.60 g kuvvet aralığında tespit edilmiştir. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda hem rafine ayçiçek yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirildiği ve balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen bir oleomargarin örneğine ait sertlik ve yapışkanlık değerlerine rastlanmamıştır. Ancak, sonuçlarımızla benzer şekilde Yılmaz ve Ögütçü (2014) % 3, 7, 10 oranında ayçiçek ve balmumu vaksını zeytinyağına ekleyerek elde edilen oleojel ile kahvaltılık margarinin özelliklerinin karşılaştırılmasını amaçladığı çalışmada elde ettiği oleojel örneklerini 4 ve 20 ° C olmak üzere iki sıcaklıkta depolayarak tekstürel özelliklerini belirlemişlerdir. Tekstürel özellikleri incelendiğinde balmumu vaksı ile elde edilen oleojel örneklerinin 4 ° C ve 20 ° C’de depolanan örneklerin sertlik değerlerinin sırasıyla 29.10 - 636.41 g kuvvet ve 19.40 – 605.44 g kuvvet aralığında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Ögütçü ve Yılmaz (2014), yine benzer şekilde karnauba vaksı ve monogliserit oleojelatörlerini (%3, %7 ve %10 oranında) zeytinyağına ilave ederek hazırlamış oldukları oleojel örneklerinde sürülebilirliği en uygun ürünü belirledikleri çalışmalarında, sertlik değerini 6.99 – 728.75 g kuvvet arasında tespit etmişlerdir.

Rafine ayçiçek yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerinde üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve değerlendirme parametreleri Çizelge 4.20’de verilmiştir.

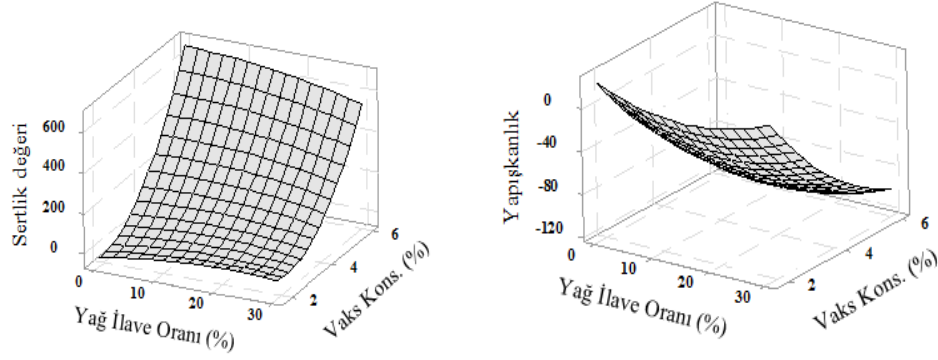
Çizelge 4.20. Rafine ayçiçek yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerinde üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri

Model Katsayıları ^a	AZB		AZK	
	Sertlik	Yapışkanlık	Sertlik	Yapışkanlık
β_0	88.3***	114.8***	453.1***	83.6***
β_1	7.89ns	-2.42ns	0.75ns	-1.26ns
β_2	-134.1***	-59.5***	-185.2***	-13.1***
β_{11}	-0.12ns	0.08*	0.004ns	-0.002ns
β_{22}	38.42***	4.05*	21.19***	-0.86ns
β_{12}	1.39ns	0.02ns	0.163ns	0.19ns
Model	***	***	***	***
R^2	98.82	94.61	99.67	95.12

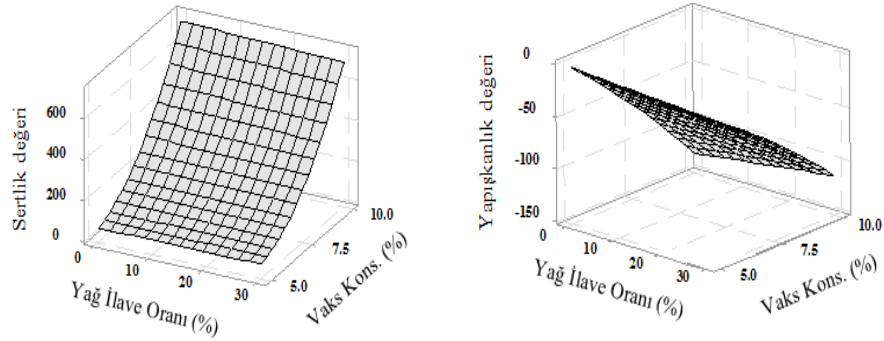
^a, β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (Doğrusal) denklem katsayısı. β_{ij} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ^{ns}. İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *. İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **. İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***. İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Çalışmada AZB ve AZK örneklerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri oleomargarin üretim koşullarına (yağ ilave oranı, vaks oranı) bağlı olarak modellenmiştir. Model performansları açısından bakıldığında elde edilen tüm eşitlikler, bağımlı değişkenler olan oleomargarin örneklerinin (AZB ve AZK) sertlik ve yapışkanlık değerlerindeki değişimlerin %94’den fazlasını işlem koşullarına bağlı olarak açıklamaktadır ($R^2 > 0.94$) (Çizelge 4.20). Yanıt yüzey yöntemine göre elde edilen modellerde bağımsız değişkenlerden yağ ilave oranının AZB ve AZK örneklerinin birinci dereceden terimleri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$) (Çizelge 4.20). İkinci dereceden eşitliklerde sadece AZB örneğinin yapışkanlık değeri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Diğer bağımsız değişken vaks oranı ise AZB ve AZK örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerlerinin işlem koşullarına bağlı değişimlerini modelleyen eşitliklerde birinci dereceden istatistiksel olarak önemli iken ($p \leq 0.001$), ikinci dereceden terimleri ise

AZK örneğinin yapışkanlık değerine ait eşitlik haricinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.20). Çizelge 4.20’de sunulmuş olan tüm eşitliklerde işlem parametrelerinin birbirleriyle etkileşimlerine ait interaksiyon terimlerinin önemsiz olduğu görülmektedir ($p>0.05$).



Şekil 4.13. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AZB oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.14. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AZK oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14 incelendiği zaman, yağ ilave oranı ile AZB ve AZK örneklerinin sertlik değerleri üzerine belirgin bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Öte yandan AZB ve AZK örneklerinin sertlik değerlerinde vaks oranına bağlı bir artış görülmektedir. AKB örneğinin sertlik değerinde düşük oranlarda artış daha zayıf iken artan vaks oranlarında ise artış oranının güçlendiği görülmektedir. AZK örneğinin sertlik değeri AZB örneğine göre daha doğrusal artış göstermiştir. AZB

örneğin yapışkanlık değerinde yağ ilave oranının artışı ile başlangıçta kısmen azalma sonrasında ise artış görülmektedir. Vaks oranının artışı ile de yapışkanlık değerinde artış görülmektedir (Şekil 4.13).

AZK örneklerinin yapışkanlık değeri üzerine yağ ilave oranının önemli bir etkisi görülmemektedir. AZK örneklerinin yapışkanlık değeri üzerine vaks oranının etkisi ise doğru orantılıdır. Vaks oranı artışı ile yapışkanlık değerinde artış görülmektedir (Şekil 4.14). Benzer şekilde, Yılmaz ve Ögütçü'nün (2014) % 3, 7, 10 oranında ayçiçek ve balmumu vaksını zeytinyağına ekleyerek elde ettikleri oleojel örneklerinde ve Ögütçü ve Yılmaz'ın (2014) karnauba vaksı ve monogliserit oleojelatörlerini (%3, %7 ve %10 oranında) zeytinyağına ilave ederek hazırlamış oldukları oleojel örneklerinde de yağ ilave edilen vaks oranı artışı ile örneklerin sertlik değerlerinde artış olduğu bildirilmiştir.

Rafine ayçiçek yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu vaksı veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) oleomargarin oda şartlarında jelleştirilip bir gece buzdolabı şartlarında bekletildikten sonra ölçülmüştür. Sonuçlar Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Rafine ayçiçek yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*)

Deneme	AZB ^a			AZK		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1	39.13	0.20	7.09	44.35	0.49	9.59
2	33.67	1.73	9.29	44.32	0.44	9.53
3	43.23	-0.68	4.79	44.89	0.59	9.21
4	34.46	1.37	9.80	41.88	0.72	9.34
5	38.50	0.06	7.62	49.44	0.15	10.59
6	44.18	-0.90	6.74	44.08	0.37	9.79
7	40.54	-0.57	8.10	45.80	0.60	9.55
8	36.93	0.10	8.58	47.85	0.17	10.61
9	39.98	-0.55	9.38	44.15	0.41	9.57
10	37.78	0.08	8.02	44.26	0.33	11.03
11	35.21	0.65	7.47	42.09	0.30	9.44
12	39.44	0.12	5.02	45.89	0.08	7.73
13	37.58	0.43	9.92	44.25	0.56	9.87

^a, AZB; Ayçiçek yağı, zeytinyağı, balmumu vaksı, AZK; Ayçiçek yağı, zeytinyağı, karnauba vaksı.

Çizelge 4.21’de görüldüğü üzere oleomargarin örneklerinin L*, a* ve b* değerleri sırası ile 33.67 - 44.18 (AZB için), 41.88 - 49.44 (AZK için); -0.90 - 1.73 (AZB için), 0.08 - 0.72 (AZK için) ve 4.79 - 9.92 (AZB için), 7.73 - 11.03 (AZK için) aralığında değişim göstermiştir. Sonuçlarımızla uyumlu olarak, Yılmaz ve Ögütçü (2014) % 3, 7, 10 oranında ayçiçek ve balmumu vaksının zeytinyağına eklenmesiyle elde edilen oleojel örneklerinin renk değerlerini, L 39.03 – 56.01, a* -4.36 – 7.97 ve b* değerlerini 10.96 -23.02 aralığında tespit etmişlerdir. Ögütçü ve Yılmaz (2014) ise karnauba vaksı ve monogliserit oleojelatörlerini (%3, %7 ve %10 oranında) zeytinyağına ilave ederek hazırlamış oldukları oleojel örneklerinin L değerlerini, 41.73 – 54.46, a* değerlerini -5.60 – 6.21 ve b* değerlerini 16.48 - 25.02 aralığında tespit etmişlerdir.

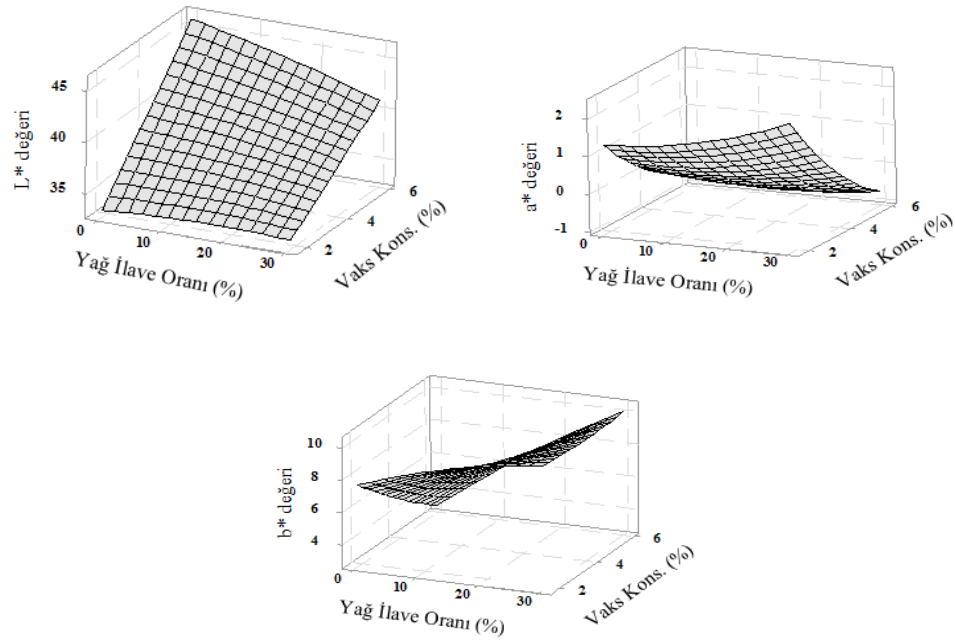
Rafine ayçiçek yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin renk değerlerinde (L*, a* ve b*) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Rafine ayçiçek yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerlerinin (L*, a* ve b*) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri

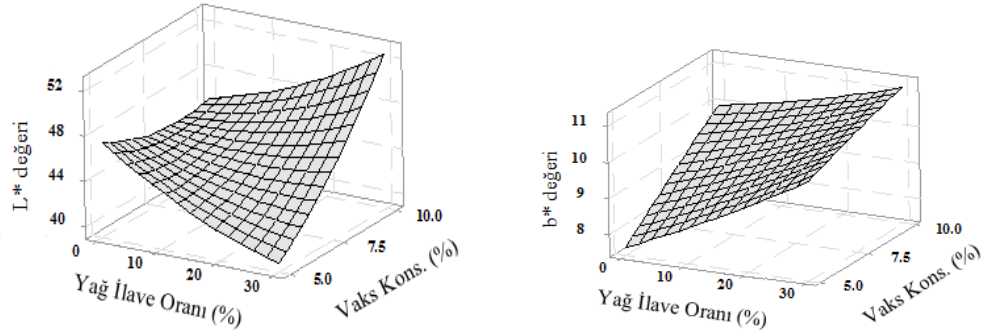
Model Katsayıları ^a	AZB			AZK		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
β_0	28.29***	2.92ns	9.96***	58.73***	-1.15***	4.79***
β_1	0.12ns	0.02ns	0.07***	-0.88ns	0.07ns	0.12**
β_2	2.78***	-1.08***	-1.42***	-3.20***	0.33ns	0.60**
β_{11}	-0.001ns	0.001ns	-0.002ns	0.004ns	-0.0004ns	0.0004ns
β_{22}	0.02ns	0.08ns	0.043ns	0.188*	-0.02ns	-0.009ns
β_{12}	0.04ns	0.009ns	0.04*	0.099***	-0.009ns	-0.009ns
Model	***	***	***	***	ns	*
R ²	87.56	88.61	93.09	91.07	5.54	71.43

^a. β_0 sabit katsayı, β_i Birinci dereceden (Doğrusal) denklem katsayısı, β_{ij} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ^{ns}, İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *, İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **, İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***, İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Çalışmada AZB ve AZK örneklerinin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) oleomargarin üretim koşullarına (yağ ilave oranı, vaks oranı) bağlı olarak modellenmiştir. Model performansları açısından bakıldığında elde edilen tüm eşitliklerin bağımlı değişkenler olan oleomargarinlerin (AZB ve AZK) L^* , a^* ve b^* değerlerindeki işlem koşullarına bağlı değişimleri açıklayabilme kabiliyetleri AZK örneklerinin a^* değeri için elde edilen model hariç ($p > 0.05$) %71'den yüksek olduğu görülmektedir ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.22). Yanıt yüzey yöntemine göre elde edilen modellerde bağımsız değişkenlerden yağ ilave oranı AZB ve AZK örneklerinin L^* ve a^* değerlerinde birinci dereceden istatistiksel olarak önemsiz iken ($p > 0.05$) b^* değerlerinde birinci dereceden istatistiksel olarak önemli ($p \leq 0.01$) bulunmuştur. İkinci dereceden model terimleri ise tüm örneklerin L^* , a^* ve b^* değerleri için istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Diğer bağımsız değişken olan vaks oranı AZB örneğinin L^* , a^* ve b^* değerinde, AZK örneğinin L^* ve b^* değerlerinde birinci dereceden istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.01$). Vaks oranının ikinci dereceden etkisi sadece AZK örneğinin L^* değerinde istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.05$). İki değişkenin interaksiyon terimi ise AZB örneğinin b^* ve AZK örneğinin L^* değerlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.22).



Şekil 4.15. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AZB oleomargarinlerinin L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.16. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AZK oleomargarinlerinin L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.15 incelendiğinde AZB örneğinde yağ ilave oranının L^* değeri üzerinde belirgin bir etkisi bulunmazken, diğer değişken olan vaks oranı ile doğrusal bir artış görülmektedir. Yağ ilave oranının a^* değeri üzerine önemli bir etkisi gözlenmezken, vaks oranı ile ters yönlü bir ilişki mevcuttur. Vaks oranının artışı ile a^* değerinde azalma görülmektedir (Şekil 4.15). Son renk parametresi olan b^* değeri ise yağ ilave oranına bağlı olarak artış göstermekte iken vaks oranındaki artış ile b^* sınırlı bir azalma görülmektedir (Şekil 4.15). Şekil 4.16 incelendiğinde ise yağ ilave oranının artışı ile düşük vaks oranlarında çalışıldığında L^* değerinde azalma, tam tersi olarak yüksek vaks oranlarındaki formülasyonlarda ise yağ ilave oranındaki artış ile L^* değerinde artma gözlenmiştir. Vaks oranı ise L^* değeri üzerinde yüksek yağ ilave oranına sahip formülasyonlarda belirgin bir artış göstermiştir. Diğer renk parametresi olan b^* değeri üzerine yağ ilave oranı ve vaks konsantrasyondaki artışların doğru orantılı bir etkileri görülmektedir (Şekil 4.16). Sonuçlarımızla benzer şekilde, Yılmaz ve Ögütçü (2014) % 3, 7, 10 oranında ayçiçek ve balmumu vaksını zeytinyağına ekleyerek elde etmiş oldukları oleojel örneklerinin L , a^* ve b^* değerlerinde ve Ögütçü ve Yılmaz (2014) karnauba vaksı ve monogliserit oleojelatörlerini (%3, %7 ve %10 oranında) zeytinyağına ilave ederek hazırlamış oldukları oleojel örneklerinin L , a^* ve b^* değerlerinde, vaks oranı artışı ile artış olduğunu bildirmişlerdir.

Rafine ayçiçek yağının, natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilip, balmumu ve karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinden, üretimden hemen sonra sıvı formda iken yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanının (dakika) belirlenmesi için belirli miktarlarda alınmış ve devamında yağ bağlama

kapasiteleri ve kristallenmesi için gereken süreler belirlenmiştir. AZB ve AZK oleomargarin örneklerinin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Rafine ayçiçek yağının, natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrasında balmumu ve karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri

Deneme	AZB ^a		AZK	
	YBK	KOZ	YBK	KOZ
1	98.99	12.3	88.08	8.03
2	42.83	27.06	88.20	8.05
3	99.61	13.17	88.84	8.10
4	81.52	18.02	67.59	10.55
5	99.27	12.75	87.13	8.50
6	99.80	10.16	87.74	8.12
7	99.24	11.55	96.08	8.45
8	99.47	13.37	97.19	7.45
9	98.42	11.21	88.01	8.08
10	99.24	12.43	87.67	8.30
11	82.16	17.54	75.49	10.45
12	98.98	13.08	77.12	10.35
13	98.94	12.06	88.23	8.10

^a, AZB; Ayçiçek yağı, zeytinyağı, balmumu vaksı, AZK; Ayçiçek yağı, zeytinyağı, karnauba vaksı.

Rafine ayçiçek yağının, natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri Çizelge 4.23’de verilmiştir. AZB ve AZK örneklerinde yağ bağlama kapasiteleri sırasıyla 42.83 - 99.80, 67.59 - 97.19 iken, kristal oluşum zamanları (dak.) 10.16 - 27.06, 7.45 - 10.55 dakika aralığında değişim göstermiştir. Sonuçlarımızla uyumlu olarak Yılmaz ve Ögütçü (2014) % 3, 7, 10 oranında ayçiçek ve balmumu vaksını zeytinyağına eklenmesiyle elde edilen oleojel örneklerinin yağ bağlama kapasitelerini % 99.69 - 99.62 aralığında bulmuşlardır. Yine benzer şekilde, Ögütçü ve Yılmaz (2014) karnauba vaksını ve monogliserit oleojelatörlerini (%3, %7 ve %10 oranında) sızma zeytinyağına ilave ederek hazırladıkları oleojel örneklerinin yağ bağlama kapasitelerini % 40.82 – 93.41 aralığında saptamışlardır.

Rafine ayçiçek yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin yağ bağlama kapasitesi ve kristal oluşum zamanının üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerine ait model katsayıları ve değerlendirme parametreleri Çizelge 4.24’ de verilmiştir.

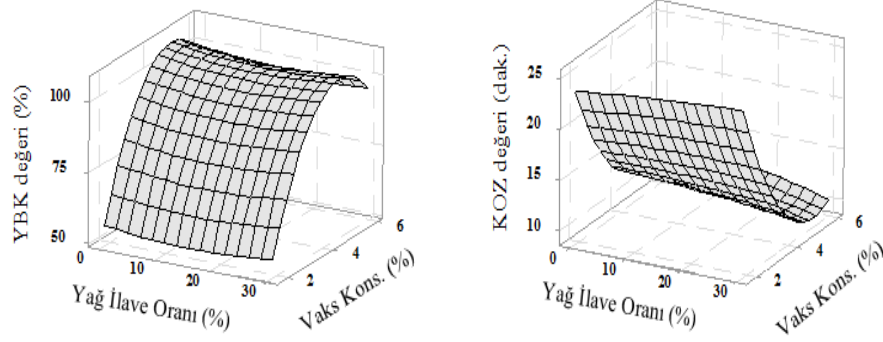
Çizelge 4.24. Rafine ayçiçek yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasitesi ve kristal oluşum zamanının üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri

Model Katsayıları ^a	AZB		AZK	
	YBK	KOZ	YBK	KOZ
β_0	-20.4***	41.42***	-16.8***	24.92***
β_1	-0.3ns	0.14ns	0.65ns	-0.06ns
β_2	53.36***	-12.41***	21.8***	-3.80***
β_{11}	0.01ns	-0.001ns	-0.002ns	0.002ns
β_{22}	-5.63**	1.297**	-1.02**	0.22**
β_{12}	0.009ns	-0.038ns	-0.2ns	0.001ns
Model	**	**	***	**
R^2	82.36	83.76	93.54	81.39

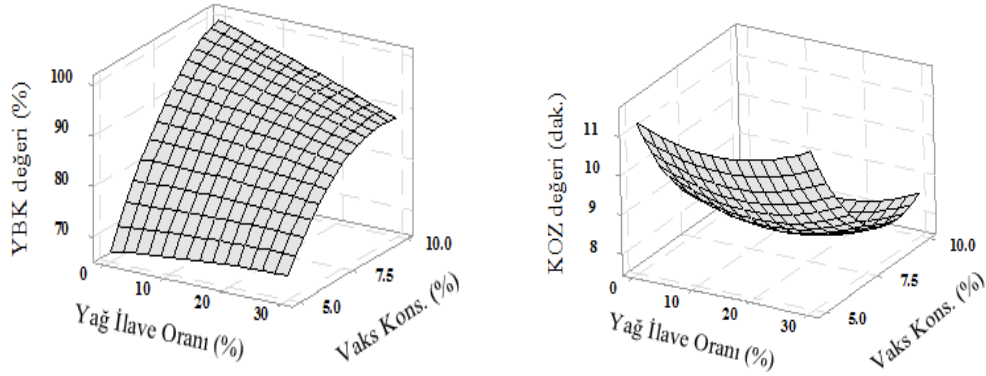
^a. β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (Doğrusal) denklem katsayısı. β_{ij} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ^{ns}. İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *. İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **. İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***. İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Çalışmada AZB ve AZK örneklerinin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri oleomargarin üretim koşullarına (yağ ilave oranı, vaks oranı) bağlı olarak modellenmiştir. Model performansları açısından bakıldığında elde edilen tüm eşitlikler, bağımlı değişkenler olan oleomargarinlerin (AZB ve AZK) YBK ve KOZ değerlerindeki değişimlerin %80’den fazlasını işlem koşullarına bağlı olarak açıklamaktadır ($R^2 > 0.80$) (Çizelge 4.24). Yanıt yüzey yöntemine göre elde edilen modellerde bağımsız değişkenlerden yağ ilave oranının AZB ve AZK örneklerinin YBK ve KOZ değerleri üzerine birinci ve ikinci dereceden değişkenlerinin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Diğer bağımsız değişken olan vaks oranının AZB ve AZK örneklerinin YBK ve KOZ değerleri üzerine birinci ve ikinci dereceden değişkenlerinin etkisi de istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.01$). İki değişkenin interaksiyon terimi örneklerle ait tüm

eşitliklerde istatistiksel olarak önemsiz olarak tespit edilmiştir ($p > 0.05$) (Çizelge 4.24).



Şekil 4.17. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AZB oleomargarinlerinin yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.18. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin AZK oleomargarinlerinin yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.17. incelendiğinde yağ ilave oranı artışı YBK değerinde belirgin bir değişim göstermezken, vaks oranının etkisi kurve şeklinde görülmektedir. Model parametreleri incelendiğinde vaks oranının ikinci dereceden etkisi görülmektedir (Çizelge 4.24). Vaks oranının artışı ile YBK değerinde artış görülmekte ancak ilerleyen vaks oranında ise YBK değerindeki artış hızı önce yavaşlamakta, devamında ise tersi yönde azalış trendine girmektedir (Şekil 4.17). KOZ değeri üzerine yağ ilave oranındaki artışın YBK da olduğu gibi önemli bir etkisi gözlenmezken vaks oranı kurve etkisi göstermiştir. Ancak vaks oranının artışı YBK'nın tersine KOZ değerinde azalma yönünde etki göstermiş, yüksek vaks

oranlarında kısmen bir artış gerçekleşmiştir (Şekil 4.17). Model parametreleri incelendiğinde vaks oranının ikinci dereceden etkisi görülmektedir (Çizelge 4.24).

Şekil 4.18 incelendiği zaman ise, AZB örneğinin YBK değerine benzer şekilde yağ ilave oranı artışı AZK örneğinin YBK değerinde de belirgin bir değişime neden olmamıştır. Diğer işlem parametresi olan vaks oranının AZK örneğinin YBK değeri üzerine kurve şeklinde bir etkisi görülmektedir. Vaks oranının artışı ile YBK değerinde artış görülmekte ancak ilerleyen vaks oranında ise YBK değerindeki artış hızı önce yavaşlamakta ve özellikle yüksek yağ ilave oranlarında tersi yönde azalış trendine girmektedir (Şekil 4.18). Model parametreleri incelendiğinde vaks oranının ikinci dereceden etkisi görülmektedir (Çizelge 4.24). AZK örneğinin KOZ değeri üzerine yağ ilave oranındaki artışın önemli bir etkisi gözlenmezken vaks oranı kurve etkisi göstermiştir. Ancak KOZ değerinde vaks oranının artışı YBK'nın tersine KOZ değerinde azalma yönünde etki göstermiştir. Model parametreleri incelendiğinde, KOZ değeri üzerine vaks oranının ikinci dereceden etkisi görülmektedir (Çizelge 4.24). Vaks oranının artışı ile KOZ değerinde azalma gözlenmekte, ancak ilerleyen vaks oranında KOZ değeri tersi yönde artış trendine girmektedir (Şekil 4.18). Bulgularımızla benzer şekilde, ayçiçek, balmumu, karnauba vaksı ve monogliserit ilave edilerek hazırlanan zeytinyağı oleojel örneklerinin yağ bağlama kapasitelerinin belirlendiği çalışmalarda yağ ilave edilen jelleştirici ajanların yağa ilave oranı arttıkça yağ bağlama kapasitelerinde artış olduğu saptanmıştır (Öğütücü ve Yılmaz, 2014, Yılmaz ve Öğütücü, 2014b).

4.2. Rafine Fındık Yağının Soğuk Pres Yağlarla Zenginleştirildiği Oleomargarinlere ait Deneme Deseni

Çalışmada diğer rafine yağ olan fındık yağının, soğuk pres yağlar olan kabak çekirdeği, susam yağı ve natürel sızma zeytinyağı ile deneme deseninde belirtilen oranlarda zenginleştirildikten sonra elde edilen yağ karışımına yine deneme deseninde belirtilen oranlarda balmumu veya karnauba vaksı ilave edilerek oleomargarin örnekleri üretilmiştir. Elde edilen oleomargarin örneklerinin tekstürel özelliklerden sertlik ve yapışkanlık değerleri, renk değerleri (L^* , a^* ve b^*), YBK (%) ve KOZ (dak.) değerleri ölçülmüştür.

4.2.1. Rafine fındık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağıyla zenginleştirildiği oleomargarinlere ait deneme deseni

Rafine fındık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin tekstürel özelliklerinden sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet) Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Rafine fındık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet)

Deneme	FKB ^a		FKK	
	Sertlik	Yapışkanlık	Sertlik	Yapışkanlık
1	71.59	-32.10	272.75	-56.20
2	7.29	-1.60	280.50	-62.01
3	260.96	-100.76	230.61	-56.46
4	10.68	-1.61	43.33	-9.07
5	71.66	-32.10	561.93	-114.23
6	304.01	-110.35	281.00	-61.86
7	69.67	-30.77	492.63	-98.80
8	70.28	-33.01	684.45	-115.94
9	175.90	-87.52	270.00	-55.84
10	57.65	-24.17	275.86	-55.29
11	14.87	-2.84	75.41	-14.41
12	97.37	-47.19	80.30	-18.19
13	61.44	-27.49	248.50	-55.87

^a, FKB; Fındık yağı, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, FKK; Fındık yağı, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı

Çizelge 4.25’te verilen FKB ve FKK örneklerinin sırasıyla sertlik değerlerinin 7.29 - 304.01, 43.33 - 684.45; yapışkanlık değerlerinin ise -110.35 - -1.60 ve -115.94 - -9.07 aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan literatür taramalarında rafine fındık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirildiği yağların balmumu veya karnauba vaksı ile jelleştirildiği ve kabak çekirdeği yağının kullanıldığı bir oleojel çalışmasına rastlanmamıştır. Ancak fındık yağına, farklı oranlarda (% 3, 7, 10) balmumu vaksı ve monogliserit ilavesiyle elde edilen başka bir çalışmada sonuçlarımızla benzer şekilde oleojel örneklerinin

sertlik ve yapışkanlık değerleri sırasıyla, 19.01 - 316.09 g kuvvet ve -19.15 - -221.14 g kuvvet aralığında tespit edilmiştir (Yılmaz ve Ögütçü, 2014a).

Rafine fındık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerine ait model katsayıları ve model performans parametreleri Çizelge 4.26'da verilmiştir.

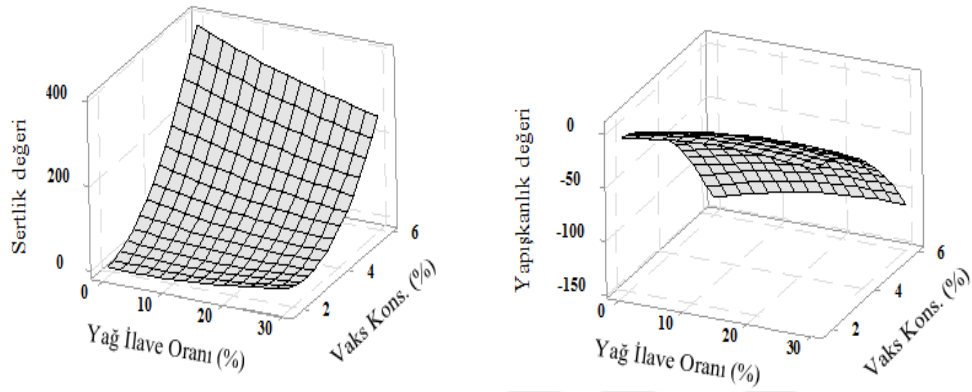
Çizelge 4.26. Rafine fındık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri

Model Katsayıları ^a	FKB		FKK	
	Sertlik	Yapışkanlık	Sertlik	Yapışkanlık
β_0	50.2***	-13.5***	194.4***	44.5***
β_1	1.91***	0.79*	-3.20**	1.62ns
β_2	-61.02***	14.44***	-104.0***	-6.98***
β_{11}	0.046ns	-0.03ns	-0.09*	0.006ns
β_{22}	19.25***	-5.85***	14.45***	-0.841ns
β_{12}	-1.27***	0.19ns	0.99**	-0.26ns
Model	***	***	***	***
R^2	99.43	97.94	99.69	97.78

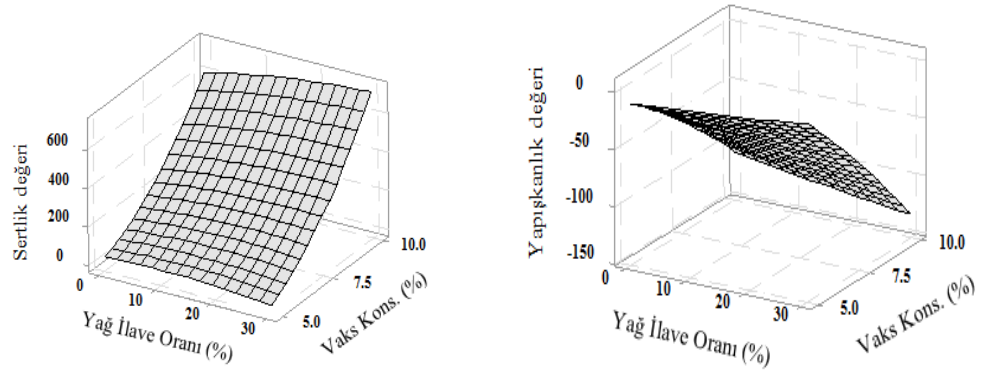
^a. β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (Doğrusal) denklem katsayısı. β_{ii} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ^{ns}. İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *. İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **. İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***. İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Çalışmada FKB ve FKK örneklerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri oleomargarin üretim koşullarına (yağ ilave oranı, vaks oranı) bağlı olarak modellenmiştir. Model performansları açısından bakıldığında elde edilen tüm eşitlikler, bağımlı değişkenler olan oleomargarinlerin (FKB ve FKK) sertlik ve yapışkanlık değerlerindeki değişimlerin %97'den fazlasını işlem koşullarına bağlı olarak açıklamaktadır ($R^2 > 0.97$) (Çizelge 4.26). Yanıt yüzey yöntemine göre elde edilen FKB örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerlerine ait modellerde bağımsız değişkenlerden yağ ilave oranının birinci dereceden terimleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). FKK örneğinin ise sadece sertlik değerinin birinci ve

ikinci dereceden terimleri istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.05$). Vaks oranının FKB ve FKK örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerleri üzerine birinci dereceden terimleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.001$). İkinci dereceden teriminin ise FKB örneğinin sertlik ve yapışkanlık değerinin, FKK örneğinin sertlik değerinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.001$) (Çizelge 4.26). FKB ve FKK örneklerinin sertliğe ait interaksiyon terimi her iki modelde de önemli iken ($p \leq 0.01$), yapışkanlığa ait interaksiyon terimi ise her iki modelde de önemsizdir ($p > 0.05$) (Çizelge 4.26).



Şekil 4.19. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FKB oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet), değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.20. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FKK oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.19'da FKB oleomargarin örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerleri üzerine yağ ilave oranı, vaks oranı değişkenlerinin etkisi gösterilmektedir. Şekil 4.19'da görüldüğü üzere yağ ilave oranının artışı düşük vaks oranlarında sertlik değerini sınırlı düzeyde artırmıştır. Vaks oranı artıkça, yağ ilave oranındaki artış FKB örneklerinin sertlik değerlerinde kısmi bir azalışa neden olmuştur. Vaks oranının etkisi kurve şeklinde görülmektedir. Başlangıç vaks oranlarında önce sertlik değerinde zayıf bir azalma devamında ise oran artışı ile sertlik değerinde güçlü bir artış görülmektedir (Şekil 4.19). Model parametreleri incelendiğinde sertlik değeri üzerine vaks oranının ikinci dereceden etkisi görülmektedir (Çizelge 4.26). Yapışkanlık değerinde yağ ilave oranının artışı ile sınırlı düzeyde değişim görülmektedir. Vaks oranının yapışkanlık değeri üzerine etkisi kurve şeklinde görülmektedir. Vaks oranının artışı ile başlangıçta yapışkanlık değerinde belirgin bir değişim gözlenmezken, daha yüksek vaks oranlarında trend artış yönünde belirginleşmiştir (Şekil 4.19 ve şekil 4.20). Şekil 4.20'de ise FKK oleomargarin örneklerinin yağ ilave oranı, vaks oranı değişkenlerinin oleomargarin örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerleri üzerine etkisi görülmektedir. Sertlik değeri üzerinde yağ ilave oranının önemli bir etkisi görülmezken, diğer değişken olan vaks oranı ile doğrusala yakın bir ilişki mevcuttur (Çizelge 4.26). Yapışkanlık değeri üzerinde yağ ilave oranının önemli bir etkisi yoktur (Şekil 4.20). Vaks oranı ise artışıyla birlikte yapışkanlık değerini doğrusal olarak artırmıştır (Şekil 4.20). Bulgularımızla uyumlu şekilde diğer araştırmacılar tarafından da fındık yağına ilave edilen balmumu vaksı ve monogliserit miktarının artışı ile oleojel örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerlerinde artış tespit edilmiştir (Yılmaz ve Ögütçü, 2014a).

Rafine fındık yağı deneme deseninde belirtilen oranlarda soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirildikten sonra elde edilen yağ karışımına, yine deneme deseninde belirtilen oranlarda balmumu veya karnauba vaksı ilave edilerek üretilen oleomargarin örnekleri oda şartlarında jelleştikten sonra bir gece +4°C'de bekletilmiştir. Devamında jelleşen örneklerin farklı noktalarında renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) ölçülmüş ve sonuçlar Çizelge 4.27' de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Rafine fındık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerleri (L*, a* ve b*)

Deneme	FKB ^a			FKK		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	31.42	3.78	5.36	38.73	3.15	9.22
2	28.19	5.07	2.53	38.87	3.13	9.16
3	39.19	1.21	8.34	47.67	2.49	9.26
4	22.43	7.14	2.82	36.05	3.40	7.52
5	31.24	3.67	5.88	36.56	3.86	8.53
6	36.31	2.55	8.44	38.82	3.06	9.06
7	31.89	3.51	5.47	44.38	2.07	9.96
8	31.71	3.63	5.20	42.60	2.65	10.41
9	32.67	3.70	6.36	38.04	3.14	8.89
10	31.61	3.61	5.48	35.53	3.71	7.84
11	29.97	3.67	6.02	36.71	3.21	8.45
12	39.52	0.25	5.56	43.42	2.40	8.02
13	29.65	4.31	3.59	38.04	3.13	8.83

^a, FKB; Fındık yağı, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, FKK; Fındık yağı, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı

Çizelge 4.27’de görüldüğü üzere oleomargarin örneklerinin L*, a* ve b* değerleri sırası ile 22.43 - 39.52 (FKB için), 35.53 - 47.67 (FKK için); 0.25 - 7.14 (FKB için), 2.07 - 3.86 (FKK için) ve 2.53 - 8.44 (FKB için), 7.52 - 10.41 (FKK için) aralığında değişim göstermiştir. Yapılan literatür taraması sonucunda kabak çekirdeği yağının kullanıldığı bir oleojel çalışmasına ise rastlanmamıştır. Ancak, başka bir çalışmada sonuçlarımızla benzer olarak fındık yağına, farklı oranlarda (% 3, 7, 10) balmumu vaksı ve monogliserit ilavesiyle elde edilen oleojel örneklerinin L, a* ve b* değerleri sırasıyla 39.17- 59.18, -2.06 - -2.57 ve -0.71 – 0.56 aralığında saptanmıştır (Yılmaz ve Ögütçü, 2014a).

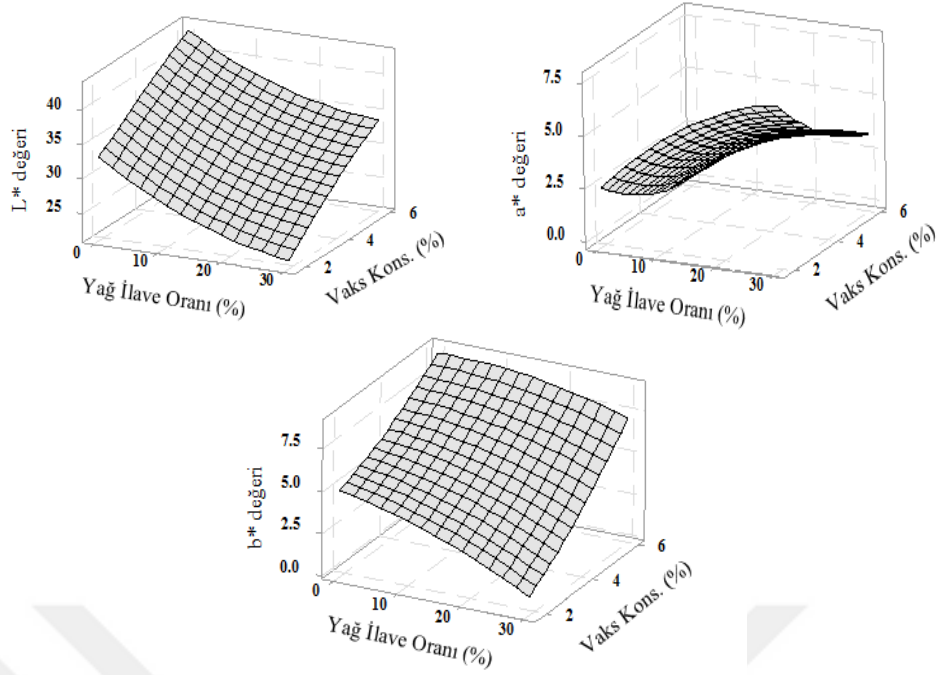
Rafine fındık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin renk değerlerinde (L*, a* ve b*) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Rafine fındık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri

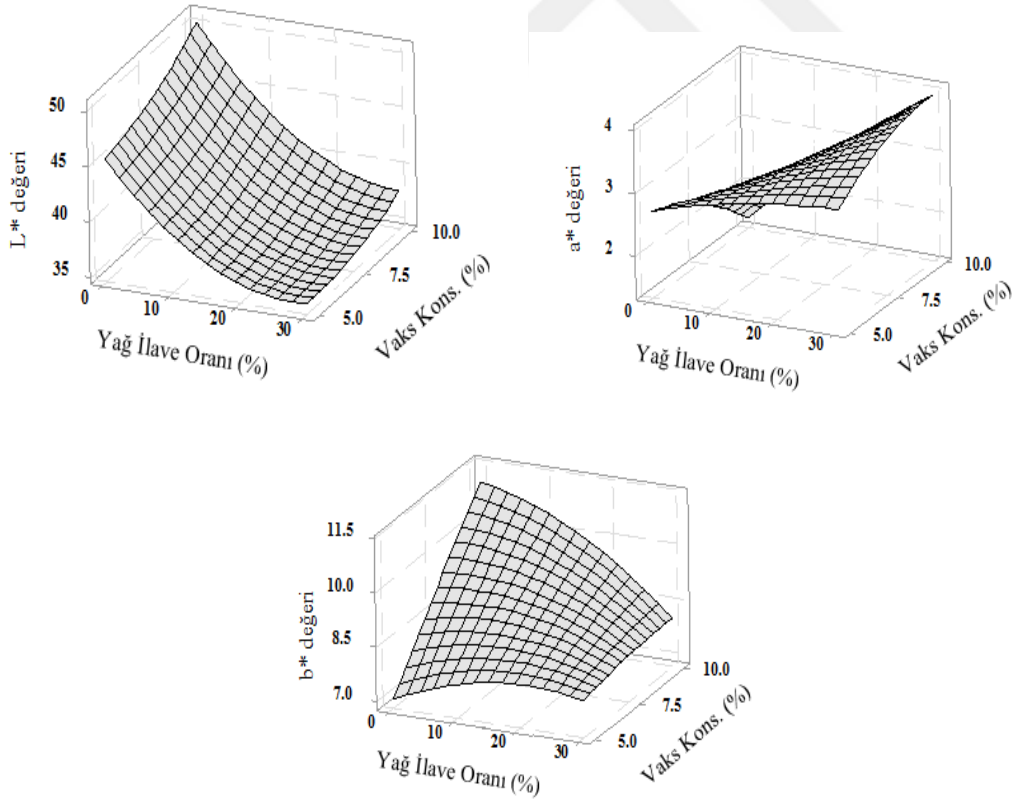
Model Katsayıları ^a	FKB			FKK		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
β_0	27.61***	4.87***	4.38***	46.65***	2.44***	2.36***
β_1	-0.64***	0.32***	-0.11**	-0.66***	-0.032***	0.216*
β_2	3.20***	-1.62***	0.15***	-0.81*	0.20ns	0.99***
β_{11}	0.008ns	-0.004ns	-0.002ns	0.013*	-0.001ns	-0.002ns
β_{22}	-0.11ns	0.136ns	0.097ns	0.12ns	-0.03ns	-0.01ns
β_{12}	0.016ns	-0.015ns	0.019ns	-0.02ns	0.013ns	-0.025*
Model	***	***	***	***	**	**
R^2	86.47	88.18	85.36	89.00	77.93	83.08

^a. β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (Doğrusal) denklem katsayısı. β_{ii} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ^{ns}. İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *. İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **. İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***. İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Elde edilen modellerin model performans parametreleri incelendiğinde FKK oleomargarin örneklerinin a^* değerlerine ait eşitlik hariç, diğer tüm bağımlı değişkenlerdeki farklılıkların % 80'den fazlası işlem koşullarındaki değişime bağlı olarak bu eşitliklerle açıklanabilmektedir (Çizelge 4.28). Sadece FKK oleomargarin örneklerinin a^* değerindeki değişimin yaklaşık % 77'si işlem koşullarındaki değişimle açıklanmıştır (Çizelge 4.28). Yanıt yüzey yöntemine göre elde edilen modellerde bağımsız değişkenlerden yağ ilave oranının birinci dereceden terimi FKB ve FKK örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). İkinci dereceden terimleri ise sadece FKK örneğinin L^* değerinde istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.05$). FKB örneğinin L^* , a^* ve b^* değerlerinde, FKK örneğinin ise L^* ve b^* değerlerinde diğer işlem parametresi olan vaks oranının birinci dereceden terimlerinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$). İkinci dereceden terimleri ise tüm eşitliklerde istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). İnteraksiyon terimi sadece FKK örneğinin b^* değerinde istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.28).



Şekil 4.21. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FK B oleomargarinlerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.22. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FK K oleomargarinlerinin L*, a* ve b* değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.21 incelendiğinde FKB oleomargarin örneğinin L^* değeri üzerine yağ ilave oranının ters orantılı, vaks oranının ise doğru orantılı etkileri görülmektedir. Yağ ilave oranının artışı ile L^* değerinde azalma, vaks oranının artışı ile ise artış tespit edilmiştir. Oleomargarin üretiminde kullanılan yağ ilave oranının artışı FKB örneklerinin a^* değerini artırmaktadır. Vaks oranı ise ters yönlü bir etki göstermekte, a^* değeri vaks oranındaki artışla birlikte azalmaktadır. Diğer renk değeri olan b^* değerinde L^* değerine benzer şekilde yağ ilave oranı ile ters yönlü, vaks oranı ile doğrusal bir ilişki görülmektedir (Şekil 4.21). Ancak bu etkilerin düşük yağ ilave oranlarında sönümlendiği açıktır. Benzer şekilde, fındık yağına, farklı oranlarda (% 3, 7, 10) balmumu vaksı ve monogliserit ilavesiyle elde edilen oleojel örneklerinin L , a^* ve b^* değerleri vaks konsatrasyon artışı ile L değerinde artış, a^* değerinde azalma ve b^* değerinde ise artış saptanmıştır (Yılmaz ve Ögütçü, 2014a).

Şekil 4.22 incelendiği zaman FKK örneğinin L^* değeri üzerine yağ ilave oranının etkisi kurve şeklinde görülmektedir. Yağ ilave oranının artışı ile L^* değerinde azalma, öte yandan çalışılan aralıkta en yüksek yağ ilave oranına yaklaştıkça ise L^* değerinde sınırlı düzeyde bir artış görülmektedir. Vaks oranının artışı ile ise L^* değerinde zayıf bir artış görülmektedir. Yağ ilave oranındaki artış FKK örneklerinin a^* değeri üzerinde artışa neden olmaktadır. Vaks oranındaki etki ise değişkenlik göstermekte, düşük yağ ilave oranlarında vaks oranı artışı ile a^* değeri düşerken, yüksek yağ ilave oranlarıyla çalışılırken vaks oranındaki artışla birlikte a^* değeri de artmıştır. Diğer renk parametresi olan b^* değerinin yağ ilave oranı ve vaks oranı ile değişimi farklılık göstermiştir (Şekil 4.22). Düşük vaks oranlarında yağ ilave oranının artışı sınırlı düzeyde b^* değerini artırırken, yüksek vaks oranlarına çıkıldığında yağ ilave oranı b^* değerini negatif yönlü etkilemiş, azalmasına neden olmuştur. Benzer şekilde yüksek yağ ilave oranlarında vaks oranındaki değişimle birlikte b^* değerlerinde belirgin bir farklılık gözlenmemişken, düşük yağ ilave oranlarıyla çalışıldığında vaks oranındaki artışa paralel olarak b^* değeri önemli düzeyde artış göstermiştir.

Rafine fındık yağının, soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinden yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanının (dakika) belirlenmesi için gerekli olan örnek miktarları alınmış ve üretimi takiben yağ bağlama kapasiteleri ve

kristallenmesi için gereken süreler belirlenmiştir. FKB ve FKK oleomargarin örneklerinin yağ bağlama kapasitelerine (%) ve kristal oluşum zamanlarına (dakika) ait değerler Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Rafine fındık yağının, soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri

Deneme	FKB ^a		FKK	
	YBK	KOZ	YBK	KOZ
1	99.47	13.53	84.82	7.50
2	41.54	34.30	85.25	7.50
3	99.74	10.45	82.76	9.34
4	77.31	37.00	64.63	10.58
5	99.15	13.55	96.75	9.50
6	99.74	9.30	86.39	7.45
7	99.02	13.57	96.65	9.35
8	98.67	13.45	97.37	8.05
9	99.58	9.02	85.48	7.48
10	99.08	13.05	79.96	9.43
11	71.56	10.51	65.63	9.57
12	99.66	9.15	73.63	9.07
13	98.99	13.26	85.71	7.42

^a, FKB; Fındık yağı, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, FKK; Fındık yağı, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı

FKB ve FKK örneklerinde yağ bağlama kapasiteleri sırasıyla 41.54 - 99.74, 64.63 - 97.37 iken, kristal oluşum zamanları (dak.) 9.02 – 37.00, 7.42 – 10.58 dakika aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 4.29). Kabak çekirdeği yağının kullanıldığı bir oleojel çalışmasına ise rastlanmamıştır. Ancak, Yılmaz ve Ögütçü (2014a) fındık yağına, farklı oranlarda (% 3, 7, 10) balmumu vaksı ve monogliserit ilavesiyle elde edilen oleojel örneklerinin yağ bağlama kapasitelerini % 99’ un üzerinde tespit ettikleri çalışmalarında, oleojellerin kristallenmesi için geçen süreleri 7- 18.50 dakika aralığında belirlemişlerdir. Elde edilen veriler çalışmamızla uyumludur (Yılmaz ve Ögütçü, 2014a).

Deneme desenine göre üretilen FKB ve FKK olemargarin örneklerinin yağ bağlama kapasitelerinde (%) ve kristal oluşum zamanlarında (dakika) işlem koşullarına bağlı değişimleri açıklamak için matematiksel eşitlikler geliştirilmiş, model terim

katsayıları, önem düzeyleri ve model performans parametreleri belirlenmiştir (Çizelge 4.30).

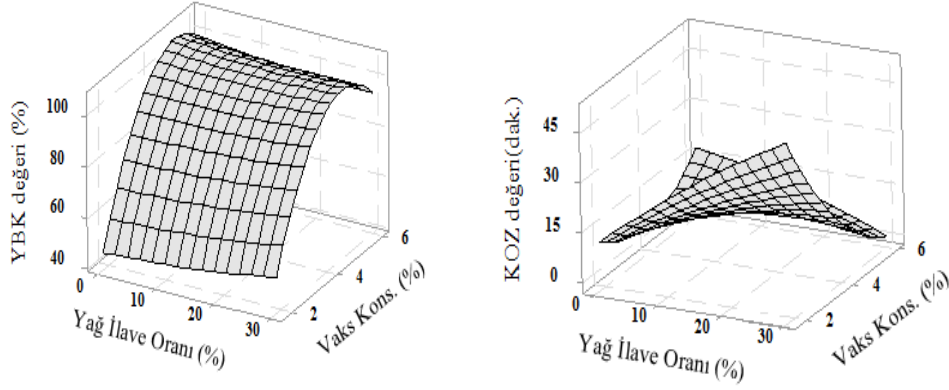
Çizelge 4.30. Rafine fındık yağının soğuk pres kabak çekirdeği yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri

Model Katsayıları ^a	FKB		FKK	
	YBK	KOZ	YBK	KOZ
β_0	-40,6 ***	29,27 ***	11,5***	27.23 ***
β_1	0,245ns	2,348**	-0,527*	-0.213ns
β_2	59,78***	-13,36***	13,97***	-4.623ns
β_{11}	0,0057ns	-0,009ns	-0,014*	0.009**
β_{22}	-6,098***	1,89**	-0,57*	0.297**
β_{12}	-0,093ns	- 0,439***	0,108*	0.005ns
Model	***	***	***	**
R^2	93.47	90.98	97.60	78.12

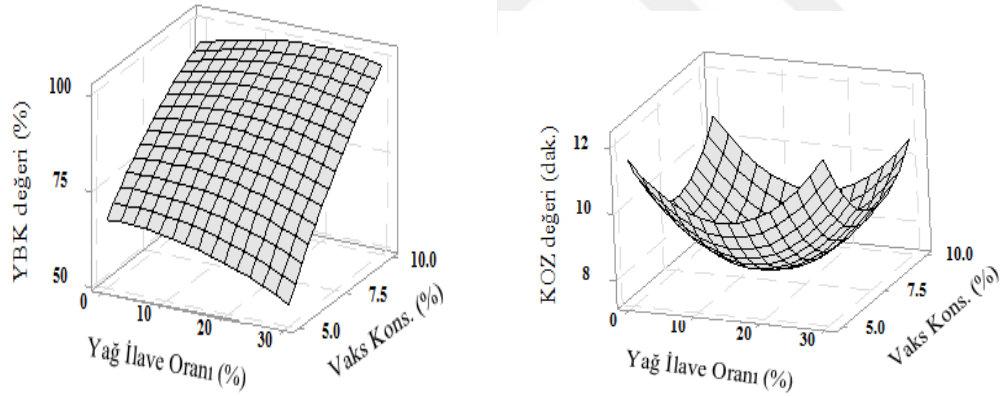
^a. β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (Doğrusal) denklem katsayısı. β_{ii} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ^{ns}. İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *. İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **. İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***. İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Elde edilen modellerin model performans parametreleri incelendiğinde FKK oleomargarin örneklerinin KOZ değerlerine ait eşitlik hariç, diğer tüm bağımlı değişkenlerdeki farklılıkların %90'dan fazlası işlem koşullarındaki değişime bağlı olarak bu eşitliklerle açıklanabilmektedir (Çizelge 4.30). Sadece FKK oleomargarin örneklerinin KOZ değerlerindeki değişimin yaklaşık %78'i işlem koşullarındaki değişimle açıklanmıştır (Çizelge 4.30). FKB örneklerinin KOZ ve FKK örneklerinin YBK değerlerine ait modellerdeki yağ ilave oranına ait birinci dereceden terimler, FKK örneklerinin KOZ ve YBK değerlerine ait ikinci dereceden terimler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.30). Diğer bağımsız değişken olan vaks oranının, FKB örneğinin YBK ve KOZ değerlerine ait eşitliklerde ve FKK örneğinin YBK değerine ait eşitliğin birinci dereceden terimlerinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.30). Vaks oranına ait ikinci dereceden terimler ise FKB ve FKK örneklerine ait tüm eşitliklerde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Oleomargarin üretimindeki işlem koşullarının interaksiyon terimi FKB oleomargarin örneğinin KOZ değerinde ve

FKK oleomargarin örneğinin YBK değerine ait modellerde de önemlidir ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.30).



Şekil 4.23. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FKB oleomargarinlerinin yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.24. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FKB oleomargarinlerinin yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.23 incelendiğinde FKB örneğinin YBK değeri üzerine yağ ilave oranının etkisi sınırlı düzeyde olmuştur. Vaks oranı ise kurve etkisi göstermiştir. Vaks oranının artışı ile YBK değerinde artış görülmekte ancak yüksek vaks oranı değerlerine ulaşıldığında ise YBK değeri azalma trendine girmektedir. FKB KOZ değeri üzerine yağ ilave oranının etkisi düşük vaks konsantrasyonunda arttırıcı yönde görülmekte,

ancak yüksek vaks oranında ise azaltıcı yönde etki göstermektedir. Vaks konsantrasyonunun FKB örneğinin KOZ değeri üzerine etkisi incelendiğinde düşük yağ ilave oranına sahip formülasyonların KOZ değeri vaks oranındaki artışa bağlı olarak sınırlı düzeyde artmıştır. Yüksek yağ oranı ilaveli FKB oleomargarin örneklerinde ise KOZ değeri vaks oranındaki artışı bağlı olarak azalma göstermiştir (Şekil 4.23).

Şekil 4.24 incelendiğinde ise FKK örneğinde yağ ilave oranının artışı ile YBK değerinde zayıf bir azalma görülmektedir. FKK örneklerinin YBK değerleri üzerinde yağ ilave oranının etkisi yüksek vaks oranlarına sahip formülasyonlarda hemen hemen yok olmuştur. Vaks oranının artışı ile FKK örneğinin YBK değerinde şiddetli bir artış görülmektedir. KOZ değeri üzerine yağ ilave oranının ve vaks oranının etkisi kurve şeklinde görülmektedir. Yağ ilave oranı ve vaks oranı artışı ile FKK örneğinin KOZ değerinde önce azalma sonrasında ise artış olmuştur (Şekil 4.24). Bulgularımızla uyumlu olarak, yapılan bir diğer çalışmada fındık yağına farklı oranlarda (% 3, 7, 10) balmumu vaks ve monogliserit ilavesiyle elde edilen oleojel örneklerinin yağ bağlama kapasiteleri üzerine vaks konsantrasyonunun önemli bir etkisi görülmezken, kristalizasyon zamanı artan vaks oranı ile birlikte azalma gösterdiği belirlenmiştir (Yılmaz ve Ögütçü, 2014a).

4.2.2. Rafine fındık yağının soğuk pres susam yağıyla zenginleştirildiği oleomargarinlere ait deneme deseni

Fındık yağı deneme deseninde belirtilen şartlarda soğuk pres susam yağı ile zenginleştirildikten sonra balmumu veya karnauba vaks kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin tekstürel değerlerinden sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet), renk değerleri, kristal oluşum zamanı ve yağ bağlama kapasitesi değerleri ölçülmüştür. Bu değerlerin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerine ait model katsayıları ve değerlendirme parametreleri belirlenmiştir. Rafine fındık yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilip, balmumu veya karnauba vaks kullanılarak üretilen oleomargarinlerin tekstürel değerlerinden sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet) Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Rafine fındık yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu vaksı veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri

Deneme	FSB ^a		FSK	
	Sertlik	Yapışkanlık	Sertlik	Yapışkanlık
1	119.82	-56.70	239.60	-54.96
2	11.40	-1.50	240.41	-55.53
3	366.41	-106.90	235.66	-53.00
4	21.98	-6.62	48.65	-10.21
5	128.68	-54.10	469.83	-96.93
6	510.60	-110.42	226.44	-51.28
7	138.27	-52.32	485.98	-106.06
8	139.74	-63.08	627.37	-112.15
9	312.44	-105.10	228.65	-53.06
10	108.88	-49.17	215.70	-49.89
11	21.75	-6.51	87.12	-19.53
12	115.63	-48.70	87.41	-19.74
13	116.39	-59.34	208.94	-53.07

^aFSB; Fındık yağı, susam yağı, balmumu vaksı, FSK; Fındık yağı, susam yağı, karnauba vaksı.

Sertlik değeri FSB ve FSK örneklerinde sırasıyla 11.40- 510.60 g kuvvet ve 48.65- 627.37 g kuvvet; yapışkanlık değeri ise -110.42 - -1.50 g kuvvet ve -112.15 - -10.21 g kuvvet aralığında değişim göstermiştir. Yapılan literatür taramalarında rafine fındık yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirildiği yağların balmumu veya karnauba vaksı ile jelleştirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak literatürde fındık ve susam yağına farklı jelleştirici ajanlar ilave edilerek hazırlanan fındık ve susam yağı oleojel çalışmaları mevcuttur. Fındık yağına, farklı oranlarda (% 3, 7, 10) balmumu vaksı ve monogliserit ilavesiyle elde edilen oleojel örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerleri sonuçlarımızla benzer şekilde sırasıyla, 19.01 - 316.09 g kuvvet ve -19.15 - -221.14 g kuvvet aralığında tespit edilmiştir (Yılmaz ve Ögütçü, 2014a). Susam yağına farklı oranlarda balmumu vaksı ilave edilerek üretilen oleojellerin köfte yapımında hayvansal yağ kaynaklarına ikame olarak kullanılmasının araştırıldığı çalışmada ise, balmumu vaksı oleojellerinin hayvansal yağlardan daha az sertliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Yine sonuçlarımızla uyumlu olarak, % 5, 7.5 ve 10 oranına sahip susam yağı oleojellerinin sertlik değerleri yaklaşık olarak 101.97 ile 305.95 g kuvvet arasında değişim göstermiştir (Moghtadaei vd., 2018).

Deneme desenine göre üretilen FSB ve FSK oleomargarin örneklerinin tekstürel değerlerinden sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerinin işlem koşullarına bağlı değişimlerini açıklamak için matematiksel eşitlikler geliştirilmiş, model terim katsayıları, önem düzeyleri ve model performans parametreleri belirlenmiştir (Çizelge 4.32).

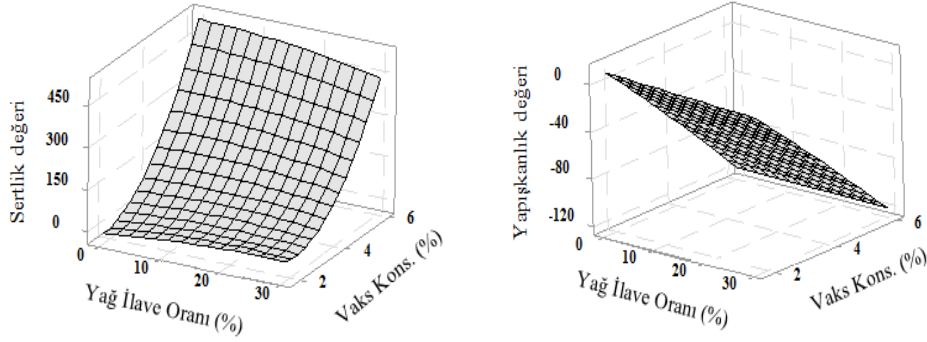
Çizelge 4.32. Rafine fındık yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri

Model Katsayıları ^a	FSB		FSK	
	Sertlik	Yapışkanlık	Sertlik	Yapışkanlık
β_0	73.3***	58.5***	347.9***	33.1***
β_1	4.69ns	-0.33ns	1.43ns	-0.73ns
β_2	-99.8***	-27.2***	-146.7***	-0.21***
β_{11}	-0.067ns	0.002ns	-0.012ns	0.00ns
β_{22}	28.92***	-0.34ns	17.53***	-1.56*
β_{12}	-0.85ns	0.03ns	-0.21ns	0.12ns
Model	***	***	***	***
R^2	98.81	95.72	99.58	98.61

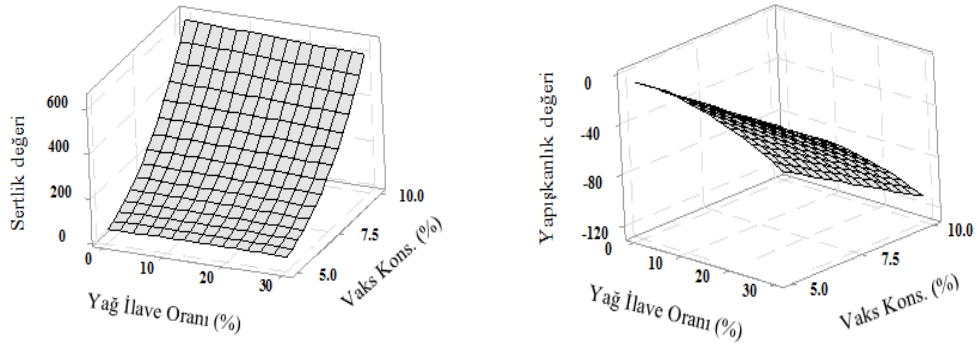
^a. β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (Doğrusal) denklem katsayısı. β_{ii} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ^{ns}. İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *. İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **. İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***. İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Çalışmada FSB ve FSK örneklerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri oleomargarin üretim koşullarına (yağ ilave oranı, vaks oranı) bağlı olarak modellenmiştir. Model performansları açısından bakıldığında elde edilen tüm eşitlikler, bağımlı değişkenler olan oleomargarinlerin (FSB ve FSK) sertlik ve yapışkanlık değerlerindeki değişimlerin %95'den fazlasını işlem koşullarına bağlı olarak açıklamaktadır ($R^2 > 0.95$) (Çizelge 4.32). Yanıt yüzey yöntemine göre elde edilen modellerde bağımsız değişkenlerden yağ ilave oranı FSB ve FSK örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerlerinde birinci ve ikinci dereceden istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Vaks oranının FSB ve FSK örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerleri üzerine birinci dereceden terimleri de istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.001$). İkinci dereceden terimleri ise FSB örneğinin yapışkanlık değeri haricindeki diğer bağımlı değişkenlerin eşitliklerinde yine istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.32). İki bağımsız değişkenin interaksiyon

teriminin FSB ve FSK'ya ait modellerdeki önem düzeyleri ise her iki modelde de önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$) (Çizelge 4.32).



Şekil 4.25. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FSB oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet), değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.26. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FSK oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi

Sertlik değeri üzerine yağ ilave oranının önemli bir etkisi görülmemektedir. Ancak vaks oranının kurve şeklinde artış yönünde bir etkisi vardır. Düşük vaks oranlarının etki şiddeti düşükken artan vaks oranı ile sertlik değerindeki artış yönündeki etki şiddetlenmiştir. Yapışkanlık değeri üzerinde de yağ ilave oranının etkisi gözlenmezken, yağ ilave oranından bağımsız olarak vaks oranındaki artışı ile yapışkanlık değerinde artış gerçekleşmiştir (Şekil 4.25).

Şekil 4.26 incelendiği zaman sertlik değeri üzerine yağ ilave oranının önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Vaks oranı artışı ile sertlik değerinde artış

olmaktadır. FSK örneklerinin yapışkanlık değeri, yüksek vaks oranlarında yağ ilave oranındaki artış ile sınırlı düzeyde azalmış, düşük vaks oranlarında ise değişim gözlenmemiştir. Vaks oran artışı ile yapışkanlık değerinde artış görülmektedir (Şekil 4.26). Sonuçlarımızla uyumlu olarak, diğer yapılan çalışmalarda da oleojel örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değeri üzerine yapılan çalışmalarda yağ ilave edilen jelleştirici ajanların miktarı arttıkça, oleojel örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerlerinde artış tespit edildiği bildirilmiştir (Yılmaz ve Ögütçü, 2014a, Moghtadaei vd., 2018).

Rafine fındık yağı soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örnekleri oda şartlarında jelleştikten sonra bir gece +4 °C’de bekletilmiştir. Devamında jelleşen örneklerin farklı bölgelerinde renk değerleri (L*, a* ve b*) ölçülmüş ve Çizelge 4.33’de verilmiştir.

Çizelge 4.33. Rafine fındık yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu vaksı veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerleri (L*, a* ve b*)

Deneme	FSB ^a			FSK		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	40.58	-0.17	5.85	46.05	1.06	9.53
2	34.64	0.86	7.16	46.19	1.03	9.34
3	43.83	-0.62	4.61	47.42	1.00	8.99
4	36.75	0.47	6.75	43.18	1.09	8.66
5	40.31	-0.20	5.66	49.18	1.30	10.05
6	45.03	-0.86	5.05	46.09	1.00	9.34
7	40.48	-0.21	5.44	47.22	1.17	10.03
8	40.08	-0.19	5.89	47.31	1.26	10.15
9	43.90	-0.82	5.74	46.64	0.97	9.44
10	40.36	-0.12	5.75	46.14	1.06	10.01
11	36.98	0.54	5.96	43.83	1.00	9.27
12	40.59	-0.09	5.09	44.46	1.02	8.36
13	40.22	-0.16	6.43	46.15	1.07	9.37

^a, FSB; Fındık yağı, susam yağı, balmumu vaksı; FSK; Fındık yağı, susam yağı, karnauba vaksı

Çizelge 4.33’de görüldüğü üzere oleomargarin örneklerinin L*, a* ve b* değerleri sırası ile 34.64 - 45.03 (FSB için), 43.18 - 49.18 (FSK için); -0.86 - 0.86 (FSB için), 0.97 - 1.30 (FSK için) ve 4.61 - 7.16 (FSB için), 8.36 - 10.15 (FSK için) aralığında

değişim göstermiştir. Yapılan kaynakça taramalarında, fındık ve susam yağı karışımından elde edilen bir oleojel çalışmasına rastlanmamıştır. Ancak literatürde, bu yağlardan farklı jelleştirici ajanlar kullanılarak oleojel örneklerinin elde edildiği çalışmalar bulunmaktadır. Sonuçlarımızla benzer şekilde, fındık yağına, farklı oranlarda (% 3, 7, 10) balmumu vaksı ve monogliserit ilavesiyle elde edilen oleojel örneklerinin L, a* ve b* değerleri sırasıyla 39.17- 59.18, -2.06 - -2.57 ve -0.71 – 0.56 aralığında (Yılmaz ve Öğütçü, 2014a) ve susam yağına farklı oranlarda balmumu vaksı ilave edilerek üretilen oleojellerin L* değeri 26.53 ile 36.46, a* değeri -1.64 - -0.90 ve b* değerinin ise 7.44 ile 11.31 aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgularla uyumlu olarak yağa ilave edilen vaks oranı arttıkça L* ve b* değerlerinde artış, a* değerinde ise kısmi azalma tespit edilmiştir (Moghtadaei vd., 2018).

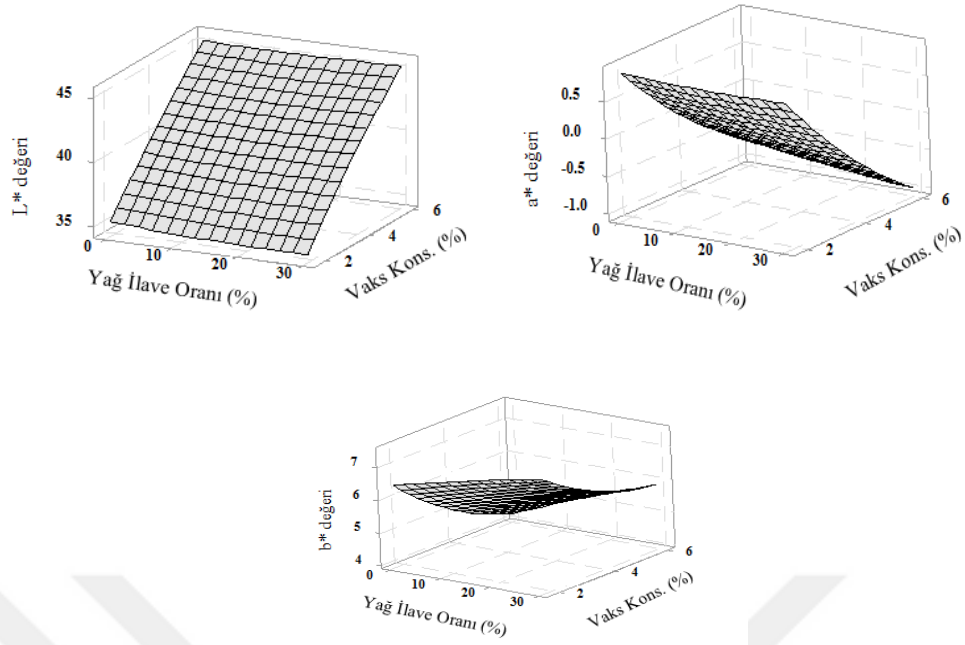
Rafine fındık yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin renk değerlerinin (L*, a* ve b*) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerine ait modellerin model katsayıları ve performans parametreleri Çizelge 4.34’de verilmiştir.

Çizelge 4.34. Rafine fındık yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimine ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri

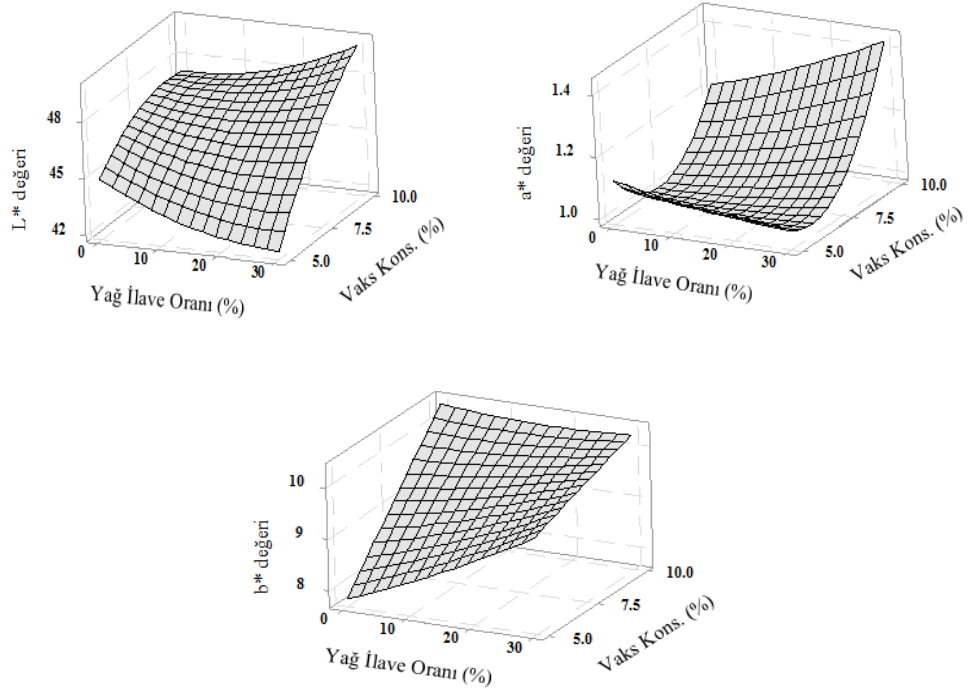
Model Katsayıları ^a	FSB			FSK		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
β_0	38.5***	3.12***	9.03***	35.34***	2.30***	5.21***
β_1	-5.60***	0.83**	-0.53*	-0.35ns	-0.015ns	0.11***
β_2	1.83*	-0.13ns	1.08***	2.63***	-0.363***	0.53***
β_{11}	2.98*	-0.19ns	-0.49ns	0.003ns	0.0001ns	0.0004ns
β_{22}	0.81ns	-0.15ns	-0.08ns	-0.144ns	0.0254**	-0.002ns
β_{12}	-0.56ns	0.31ns	-0.94*	-0.144ns	0.002ns	-0.012**
Model	***	*	**	***	**	***
R^2	93.22	75.59	90.13	87.92	82.10	96.40

^a. β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (doğrusal) denklem katsayısı. β_{ii} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ^{ns}. İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *. İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **. İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***. İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Elde edilen modellerin model performans parametreleri incelendiğinde FSB oleomargarin örneklerinin a^* değeri için elde edilen modele ait eşitlik hariç, diğer eşitliklerde bağımlı değişkenlerdeki farklılıkların % 82'den fazlası işlem koşullarındaki değişime bağlı olarak açıklanmıştır (Çizelge 4.34). Sadece FSB oleomargarin örneklerinin a^* değerlerindeki değişimin yaklaşık % 75'i işlem koşullarındaki değişimle açıklanmıştır (Çizelge 4.34). FSB örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerlerine ve FSK örneklerinin b^* değerlerine ait modellerdeki yağ ilave oranına ait birinci dereceden terimler istatistiksel olarak önemli iken, ikinci dereceden terimlerden FSB örneğine ait L^* değerine ait eşitlik istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.34). Diğer bağımsız değişken olan vaks oranına ait birinci dereceden terimlerin FSB örneklerinin L^* ve b^* değerlerinde, FSK örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerlerine ait eşitliklerde ve ikinci dereceden terimi FSK örneklerinin a^* değerlerine ait eşitlikte istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.34). Oleomargarin üretimindeki işlem koşullarının (yağ ilave oranı, vaks oranı) interaksiyon terimi ise FSB ve FSK oleomargarin örneklerinin b^* değerlerinin değişimine ait modellerde önemli olarak saptanmıştır ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.34).



Şekil 4.27. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FSB oleomargarinlerinin L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.28. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FSK oleomargarinlerinin L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.27 incelendiğinde yağ ilave oranı (%), vaks oranı (%) değişkenlerinin FSB oleomargarin örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine etkisi görülmektedir. Yağ ilave oranının artışının L^* değeri üzerine önemli bir etkisi yoktur. Ancak vaks oranı artış ile L^* değerinde artış görülmektedir. a^* değerinde de L^* değerinde olduğu gibi yağ ilave oranının özellikle düşük vaks oranlarına sahip formülasyonlarda belirgin bir etkisi gözlenmezken, yüksek vaks oranlarında ise yağ ilave oranının artışına paralel a^* değerinin kısmen azaldığı tespit edilmiştir. Vaks oranı artışı ile a^* değerinde azalma görülmektedir. b^* değeri üzerine yağ ilave oranı artışının arttırıcı yönde bir etkisi vardır. Vaks oranın artışı ile b^* değerinde önce kısmi bir azalma sonrasında ise kısmi bir artış görülmektedir (Şekil 4.27). Şekil 4.28 incelendiği zaman, FSK örneğinin L^* değeri üzerine yağ ilave oranının etkisi düşük vaks oranlarında azaltıcı yönde iken, yüksek vaks oranlarında arttırıcı yönde olmuştur. Vaks oranının artışı ile FSK örneğinin L^* değerinde artış görülmektedir. Bu artış özellikle düşük yağ ilave oranına sahip formülasyonlarda kurve şeklinde ve giderek etkisini yitirdiği bir artış olmuştur. FSK örneğinin a^* değeri üzerine yağ ilave oranının artışı düşük vaks oranlarında sınırlı düzeyde azaltıcı yönde etki etmekte ancak yüksek vaks oranı içeren örneklerde yağ ilave oranındaki artış ile a^* değerinde artış görülmektedir. FSK örneğinin a^* değeri üzerine vaks oranın etkisi kurve şeklindedir. Vaks oranının başlangıcında azalma sonrasında ise şiddetli bir artış görülmektedir. Diğer bir renk parametresi olan b^* değeri üzerine düşük vaks oranlarında yağ ilave oranındaki artışın etkisi incelendiğinde b^* değerinde artış olduğu gözlenmiştir. Ancak ilerleyen vaks oranlarında yağ ilave oranının b^* değeri üzerinde etkisi zayıflamış ve zamanla kaybolmuştur. Çalışılan tüm yağ ilave oranı aralığında vaks oranı artışı ile b^* değerinde doğrusal bir artış görülmektedir. Yapılan diğer çalışmalarda da bulgularımızla benzer sonuçlar elde edilmiş olup, jelleştirici olarak balmumu vaksının, fındık ve susam yağlarına farklı oranda ilave edilerek üretilen oleojellerin vaks oranı arttıkça L^* ve b^* değerlerinde artış, a^* değerinde ise kısmi azalma tespit edilmiştir (Yılmaz ve Ögütçü, 2014a, Moghtadaei vd., 2018).

Rafine ayçiçek yağının, soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri Çizelge 4.35’de verilmiştir.

Çizelge 4.35. Rafine fındık yağının, soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri

Deneme	FSB ^a		FSK	
	YBK	KOZ	YBK	KOZ
1	99.51	10.26	87.40	8.19
2	47.23	12.47	87.45	8.30
3	99.72	10.15	87.55	9.18
4	92.37	12.20	63.62	23.15
5	99.35	10.25	94.62	8.57
6	99.69	10.10	89.08	8.30
7	99.48	10.35	97.23	8.08
8	99.20	10.40	98.50	7.55
9	99.59	10.50	87.98	8.50
10	99.39	10.30	97.04	9.21
11	57.60	11.06	65.97	23.30
12	99.42	11.00	68.99	9.15
13	99.85	11.30	87.60	9.10

^a, FSB; Fındık yağı, susam yağı, balmumu vaksı; FSK; Fındık yağı, susam yağı, karnauba vaksı

Çizelge 4.35’de verilen FSB ve FSK örneklerinin yağ bağlama kapasiteleri sırasıyla 47.23 - 99.85 %, 63.62 - 98.50 % iken, kristal oluşum zamanları (dak.) 10.10 - 12.47, 7.55 - 23.30 dakika aralığında değişim göstermiştir. Literatürde fındık ve susam yağı karışımının ve susam yağının jelleştirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, fındık yağına, farklı oranlarda (% 3, 7, 10) balmumu vaksı ve monogliserit ilavesiyle elde edilen oleojellerin yağ bağlama kapasiteleri sonuçlarımızla benzer şekilde % 99’ un üzerinde tespit edilmiştir. Oleojellerin kristallenmesi için geçen süreler ise 7.0-18.5 dakika aralığında belirlenmiştir (Yılmaz ve Öğütçü, 2014a).

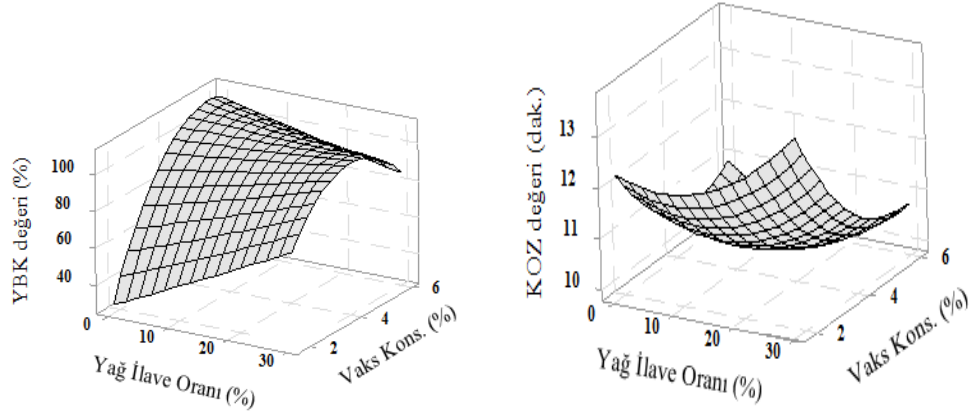
Rafine fındık yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin örneklerinin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerine ait model katsayıları ve performans parametreleri Çizelge 4.36’da verilmiştir.

Çizelge 4.36. Rafine fındık yağının soğuk pres susam yağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve model performans parametreleri

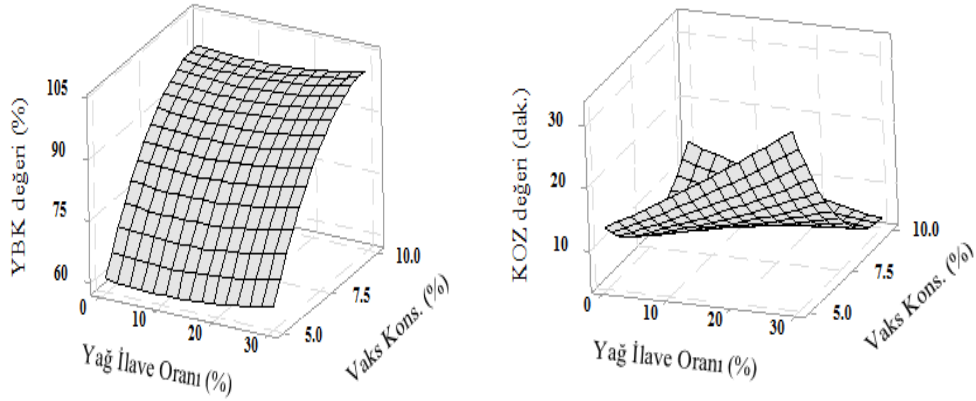
Model Katsayıları ^a	FSB		FSK	
	YBK	KOZ	YBK	KOZ
β_0	-63.7***	14.76***	-51.3***	68.0***
β_1	2.46ns	-0.03*	-0.20ns	1.44*
β_2	62.63***	-1.78***	29.82***	-16.44***
β_{11}	0.003ns	0.003**	0.009ns	0.003ns
β_{22}	-5.68***	0.19***	-1.49*	1.10**
β_{12}	-0.55*	-0.01ns	0.01ns	-0.18**
Model	***	***	***	***
R^2	89.80	91.99	89.46	85.02

^a. β_0 sabit katsayı, β_i Birinci dereceden (Doğrusal) denklem katsayısı, β_{ii} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ^{ns}. İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *. İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **. İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***. İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Çalışmada FSB ve FSK örneklerinin YBK ve KOZ değerleri oleomargarin üretim koşullarına (yağ ilave oranı, vaks oranı) bağlı olarak modellenmiştir. Model performansları açısından bakıldığında elde edilen tüm eşitlikler, bağımlı değişkenler olan oleomargarin örneklerinin (FSB ve FSK) YBK ve KOZ değerlerindeki değişimlerin % 85'den fazlasını işlem koşullarına bağlı olarak açıklamaktadır ($R^2 > 0.85$) (Çizelge 4.36). Yanıt yüzey yöntemine göre elde edilen modellerde bağımsız değişkenlerden yağ ilave oranı FSB ve FSK örneklerinin KOZ değerlerinde birinci dereceden, FSB örneklerinin KOZ değerlerinde ise ikinci dereceden istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Diğer işlem değişkeni olan vaks oranı ise FSB ve FSK örneklerinin YBK ve KOZ değerlerinde birinci ve ikinci dereceden istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.36). İki değişkenin interaksiyon teriminin FSB ve FSK'ya ait modellerdeki önem düzeyleri incelendiğinde ise FSB örneğinin YBK ve FSK örneğinin KOZ değerlerine ait eşitliklerde istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.36).



Şekil 4.29. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FSB oleomargarinlerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.30. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FSK oleomargarinlerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.29 incelendiği zaman yağ ilave oranı (%), vaks oranı (%) değişkenlerinin FSB oleomargarin örneklerinin yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri üzerine etkisi görülmektedir. FSB örneğinin YBK değeri vaks oranının düşük değerlerinde yağ ilave oranının artışı ile artış göstermektedir. Ancak ilerleyen vaks oranlarında yağ ilave oranının etkisi tersine dönmekte ve YBK değeri azalmaktadır. Vaks oranının etkisi ise kurve şeklinde görülmektedir. Vaks oranı artışı ile YBK değerinde artış görülmekte ve çalışılan aralıkta vaks oranının ortalama değerlerinden sonra ise azalma trendine girmektedir. KOZ değeri üzerine hem yağ ilave oranı hemde vaks oranının etkisi kurve şeklinde görülmektedir. Yağ ilave oranının artışı ile KOZ değerinde önce zayıf bir azalma sonrasında ise güçlü bir artış görülmektedir. Vaks oranının artışı ile ise KOZ değerinde önce güçlü bir azalma

ilerleyen vaks oranında zayıf bir artış görülmektedir. Model parametreleri incelendiğinde yağ ilave oranının ve vaks oranının ikinci dereceden etkisi vardır (Çizelge 4.36). FSK örneğinin YBK değeri üzerine yağ ilave oranının düşük vaks oranlarında önemli bir etkisi görülmemekle birlikte vaks oranını artışı YBK değerini artırıcı yönde etki etmiştir. Vaks oranının etkisi kurve şeklinde görülmektedir. Düşük vaks oranlarında ise YBK değeri üzerine etkisi güçlü iken artan oranla birlikte etki şiddetinde azalma görülmektedir. Yağ ilave oranının etkisi ile FSK örneklerinin KOZ değerinde formülasyonun vaks oranına bağlı iki farklı yönlü değişim trendi gözlenmiştir. Düşük vaks oranlarında FSK örneklerinin KOZ değeri yağ ilave oranına paralel olarak artış göstermiş, ancak vaks oranının formülasyondaki oranı arttıkça yağ ilave oranındaki artış ile KOZ değeri azalmıştır. Vaks oranının ise kurve şeklinde etkisi görülmektedir. Düşük vaks oran değerlerinden başlayarak formülasyonda bu değişkenin artışı ile KOZ değerinde önce azalma, devamında ise artış tespit edilmiştir (Şekil 4.30). Model parametreleri incelendiğinde YBK ve KOZ değerleri üzerine yağ ilave oranının ve vaks oranının ikinci dereceden etkisi görülmektedir (Çizelge 4.36). Literatürde fındık ve susam yağı karışımının ve susam yağının jelleştirildiği ve YBK ve KOZ değerlerinin belirlendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, yapılan diğer çalışmalarda sonuçlarımızla uyumlu olarak, fındık yağına ilave edilen vaks oranı arttıkça yağ bağlama kapasitesinde artış, kristallenmesi için geçen sürede ise azalma tespit edilmiştir (Yılmaz ve Öğütçü, 2014a).

4.2.3. Rafine fındık yağının natürel sızma zeytinyağıyla zenginleştirildiği oleomargarinlere ait deneme deseni

Rafine fındık yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonra balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin tekstürel değerlerinden sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet), renk değerleri, kristal oluşum zamanı ve yağ bağlama kapasitesi değerleri ölçülmüştür. Bu değerlerin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerine ait model katsayıları ve değerlendirme parametreleri belirlenmiştir. Rafine fındık yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu vaksı veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin tekstürel değerlerinden sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet) Çizelge 4.37’de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Rafine fındık yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet)

Deneme	FZB ^a		FZK	
	Sertlik	Yapışkanlık	Sertlik	Yapışkanlık
1	139.48	-63.22	246.34	-58.94
2	16.23	-3.66	245.03	-56.43
3	508.97	-106.60	258.20	-60.46
4	32.63	-12.47	43.84	-10.43
5	157.82	-77.60	509.14	-109.82
6	609.63	-112.70	247.68	-56.66
7	176.71	-67.22	512.60	-108.47
8	165.66	-69.60	673.69	-112.25
9	419.04	-112.27	245.29	-57.35
10	134.66	-61.77	250.52	-61.32
11	25.54	-8.96	94.12	-21.23
12	114.62	-56.30	89.19	-21.15
13	164.76	-77.72	221.20	-54.79

^a, FZB; Fındık yağı, zeytinyağı, balmumu vaksı, FZK; Fındık yağı, zeytinyağı, karnauba vaksı

Sertlik değerinin FZB ve FZK örneklerinde sırasıyla 16.23 - 609.63, 43.84 - 673.69; yapışkanlık değeri ise -112.70 - -3.66, -112.25 - -10.43 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan literatür taramalarında rafine fındık yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirildiği yağların balmumu veya karnauba vaksı ile jelleştirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, fındık ve zeytinyağının jelleştirildiği ve tesktürel özelliklerinin belirlendiği çalışmalar bulunmaktadır ve tüm çalışma sonuçları verilerimiz ile uyumlu bulunmuştur. Bu çalışmaların ilkinde fındık yağına farklı oranlarda (% 3, 7, 10) balmumu vaksı ve monogliserit ilavesiyle elde edilen oleojel örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerleri sırasıyla, 19.01 - 316.09 g kuvvet ve -19.15 - -221.14 g kuvvet aralığında tespit edilmiştir (Yılmaz ve Öğütçü, 2014a). İkincisinde ise, araştırmacılar zeytinyağına % 3, 7, 10 oranında ayçiçek ve balmumu vaksını ekleyerek elde edilen oleojel örneklerini 4 ve 20° C sıcaklıkta depolayarak balmumu vaksı ile elde edilen oleojel örneklerinin tekstürel özelliklerinden sertlik değerlerini sırasıyla 29.10 - 636.41 g kuvvet ve 19.40 – 605.44 g kuvvet aralığında tespit etmişler ve % 7 balmumu vaksı ile yapılan oleojellerin kahvaltılık margarin tekstürel özelliklerine sahip olduğunu bildirmişlerdir (Yılmaz ve Öğütçü, 2014b). Son çalışmada ise karnauba vaksı ve monogliserit oleojelatörlerin (%3, %7 ve %10 oranında) zeytinyağına ilave edilmesiyle hazırlanan oleojel örneklerinde en uygun sürülebilirliğe sahip ürünü belirlemeyi amaçladıkları

çalışmada, sertlik değerlerinin 6.99 – 728.75 g kuvvet arasında değişim gösterdiği saptanmıştır (Öğütücü ve Yılmaz, 2014).

Rafine fındık yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilip, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin tekstürel değerlerinden sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerlerinde (g kuvvet) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerini açıklayan modellerin model katsayıları ve performans parametreleri Çizelge 4.38’de verilmiştir.

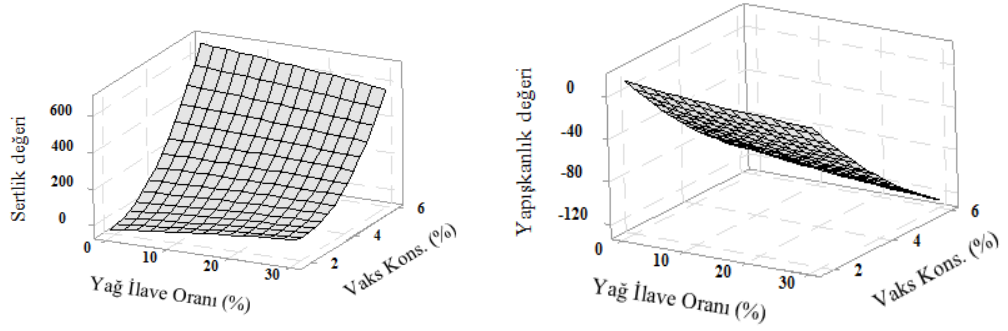
Çizelge 4.38. Rafine fındık yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve değerlendirme parametreleri

Model Katsayıları ^a	FZB		FZK	
	Sertlik	Yapışkanlık	Sertlik	Yapışkanlık
β_0	73.5***	89.7***	358.8***	46.5***
β_1	6.45ns	-0.62ns	-0.69ns	0.91ns
β_2	-125.0***	-47.7***	-152.1***	-6.69***
β_{11}	-0.023ns	0.01ns	0.047ns	-0.027ns
β_{22}	37.42***	2.44ns	18.40***	-1.05ns
β_{12}	-1.53ns	-0.03ns	-0.11ns	-0.02ns
Model	***	***	***	***
R^2	97.92	95.18	99.60	97.78

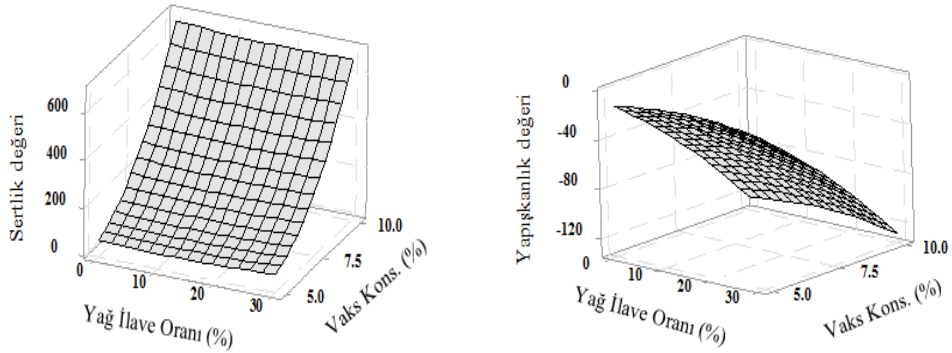
^a. β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (doğrusal) denklem katsayısı. β_{ii} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ^{ns}. İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *. İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **. İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***. İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Çalışmada FZB ve FZK örneklerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri oleomargarin üretim koşullarına (yağ ilave oranı, vaks oranı) bağlı olarak modellenmiştir. Model performansları açısından bakıldığında elde edilen tüm eşitlikler, bağımlı değişkenler olan oleomargarin örneklerinin (FZB ve FZK) sertlik ve yapışkanlık değerlerindeki değişimlerin % 95’den fazlasını işlem koşullarına bağlı açıklamaktadır ($R^2 > 0.95$) (Çizelge 4.38). Yanıt yüzey yöntemine göre elde edilen modellerde bağımsız değişkenlerden yağ ilave oranı FZB ve FZK örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerlerine ait birinci ve ikinci dereceden terimlerde istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Diğer bağımsız değişken olan vaks oranı FZB ve FZK örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerlerine ait modellerde birinci

dereceden önemli iken, aynı bağımsız değişkenin ikinci dereceden terimleri sadece sertlik değerlerine ait modellerde önemlidir ($p \leq 0.001$) (Çizelge 4.38). İki değişkenin interaksiyon teriminin FZB ve FZK'nın sertlik ve yapışkanlık değerlerine ait modellerde ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p > 0.05$) (Çizelge 4.38).



Şekil 4.31. FZB oleomargarin örneklerinin yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.32. FZK oleomargarin örneklerinin yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin oleomargarinlerinin sertlik (g kuvvet) ve yapışkanlık (g kuvvet) değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.31 incelendiğinde FZB örneğinin sertlik ve yapışkanlık değerleri üzerine işlem koşullarının etkisi görülmektedir. FZB örneğinin sertlik değeri üzerine yağ ilave oranının önemli bir etkisi yoktur. Ancak düşük vaks oranlarında yağ ilave oranının artışı ile sertlik değerinde küçük bir artış gözlenmekte ve yüksek vaks oranlarında ise bu etki tersine dönmektedir. FZB örneğinin sertlik değeri üzerine vaks konsantrasyonunun etkisi kurve şeklinde gözlenmiştir. Başlangıçta sertlik

değerinde zayıf bir azalma takibinde ise şiddetli bir artış görülmektedir. FZB örneğinin yapışkanlık değeri üzerine yağ ilave oranının önemli bir etkisi gözlenmezken, vaks konsantrasyonu artışı ile yapışkanlık değerinde artış tespit edilmiştir (Şekil 4.31).

Şekil 4.32 incelendiği zaman ise FZK örneğinin sertlik ve yapışkanlık değeri üzerine işlem koşullarının etkisi görülmektedir. FZK örneğinin sertlik değeri üzerine yağ ilave oranının önemli bir etkisi saptanmamıştır. Vaks oranının ise doğrusala yakın bir etkisi görülmektedir. Yapışkanlık değeri üzerinde her iki bağımsız değişken olan yağ ilave oranı ve vaks oranının benzer yönde etkileri tespit edilmiştir. Yağ ilave oranı ve vaks oranının artışı ile yapışkanlık değerinde ise artış görülmektedir (Şekil 4.32). Yapılan diğer çalışmalarda sonuçlarımızla uyumlu olarak, rafine fındık yağının ve zeytinyağının farklı jelatörlerle jelleştirildiği örneklerde kullanılan jelleştiricinin oranı arttıkça, oleojellerin sertlik ve yapışkanlık değerlerinde artış tespit edilmiştir (Öğütücü ve Yılmaz, 2014, Yılmaz ve Öğütücü, 2014a;b).

Rafine fındık yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu vaksı veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örnekleri oda şartlarında jelleştikten sonra bir gece +4°C’de bekletilmiştir. Sonrasında jelleşen örneklerin yüzeylerinde farklı noktalarından renk değerleri (L*,a*ve b*) ölçülmüş ve Çizelge 4.39’da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Rafine fındık yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu vaksı ve karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerleri (L*, a* ve b*)

Deneme	FZB ^a			FZK		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	40.05	-0.16	7.04	44.74	0.79	10.20
2	35.25	1.18	7.80	44.72	0.84	10.52
3	44.10	-0.57	5.38	46.36	0.82	8.77
4	35.81	0.94	8.61	43.85	0.83	8.78
5	40.07	0.19	7.73	47.74	0.50	11.15
6	44.91	-0.71	7.55	45.62	0.78	10.17
7	40.21	-0.25	7.35	47.33	0.87	9.98
8	39.96	-0.13	7.10	45.96	0.93	11.2
9	42.92	-0.69	8.37	45.69	0.79	10.26
10	39.81	0.35	7.21	45.26	0.53	11.27
11	36.50	0.53	6.46	43.41	0.71	10.17
12	39.91	-0.06	5.20	44.05	0.99	11.27
13	39.37	0.01	8.40	45.56	0.81	10.21

^a, FZB; Fındık yağı, zeytinyağı, balmumu vaksı, FZK; Fındık yağı, zeytinyağı, karnauba vaksı

Çizelge 4.39’da görüldüğü üzere oleomargarin örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerleri sırası ile 35.25 - 44.91 (FZB için), 43.41 - 47.74 (FZK için); -0.71 - 1.18 (FZB için), 0.50 - 0.99 (FZK için) ve 5.20-8.61, (FZB için), 8.77- 11.27 (FZK için) aralığında değişim göstermiştir. Yapılan literatür taramalarında karışım yağ oleojel çalışmalarına rastlanmazken, zeytinyağı ve fındık yağının tek tek farklı jelleştirici ajanlar kullanılarak üretilen oleomargarinlerinin renk değerlerinin belirlendiği sınırlı sayıda çalışma bulunmuştur. Bu çalışmaların ilk ikisinde sonuçlarımızla benzer şekilde fındık yağına, farklı oranlarda (% 3, 7, 10) balmumu vaksı ve monogliserid ilavesiyle elde edilen oleojel örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 39.17-59.18, -2.06 - -2.57 ve -0.71 – 0.56 aralığında (Yılmaz ve Ögütçü, 2014a), % 3, 7, 10 oranında ayçiçek ve balmumu vaksını zeytinyağına ekleyerek elde edilen oleojel örneklerinin renk değerleri L^* 39.03 – 56.01, a^* -4.36 – 7.97 ve b^* değerleri ise 10.96 -23.02 aralığında tespit edilmiştir (Yılmaz ve Ögütçü, 2014b). Sonuncusunda ise, yine benzer şekilde karnauba vaksı ve monogliserit oleojelatörlerinin (%3, %7 ve %10 oranında) sızma zeytinyağına ilave edilmesiyle hazırlanan oleojel örneklerinin L^* değerleri, 41.73 – 54.46, a^* değerleri -5.60 – 6.21 ve b^* değerleri 16.48 - 25.02 aralığında saptanmıştır (Ögütçü ve Yılmaz, 2014).

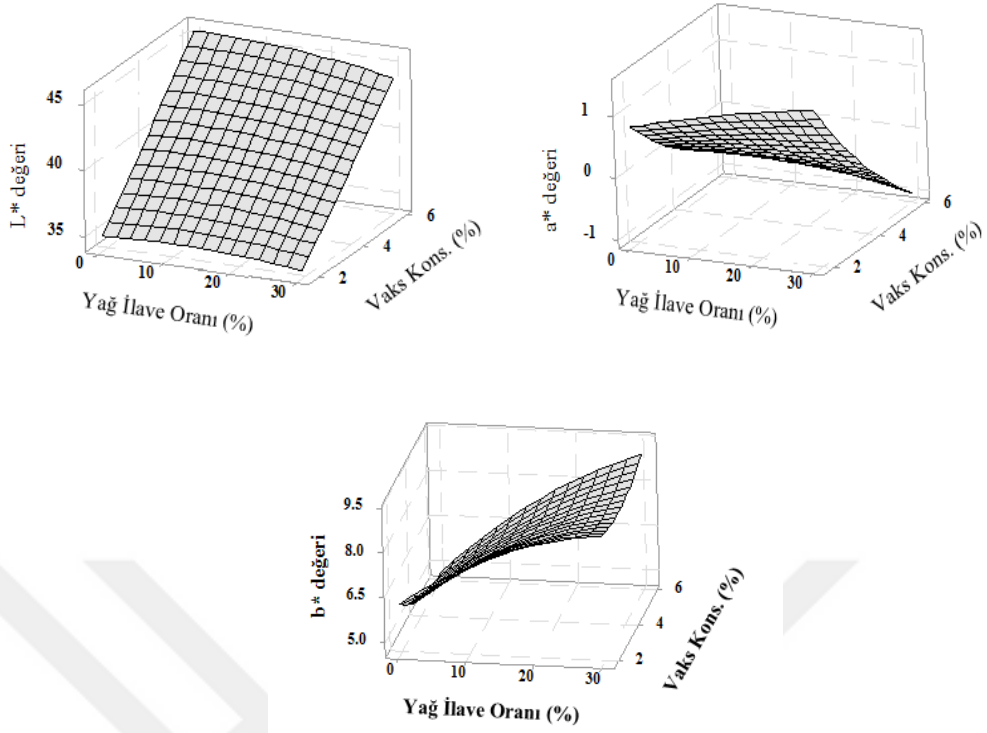
Deneme desenine göre üretilen FZB ve FZK olemargarin örneklerinin renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) işlem koşullarına bağlı değişimlerini açıklamak için matematiksel eşitlikler geliştirilmiş, model terim katsayıları, önem düzeyleri ve model performans parametreleri belirlenmiştir (Çizelge 4.40).

Çizelge 4.40. Rafine fındık yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlere ait modellerin model katsayıları ve değerlendirme parametreleri

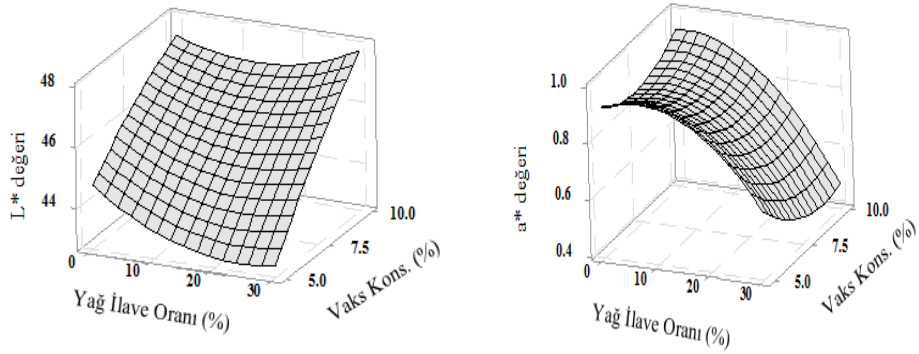
Model Katsayıları ^a	FZB			FZK		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
β_0	30.62***	1.84ns	7.634***	40.21***	1.48 ***	11.79***
β_1	0.05**	0.044ns	0.13***	-0.22ns	0.014***	-0.19ns
β_2	2.40***	-0.69***	-0.98ns	1.08**	-0.17ns	-0.32ns
β_{11}	-0.002ns	-0.00023ns	-0.0022*	0.003ns	-0.001*	0.0003ns
β_{22}	0.01ns	0.046ns	0.083ns	-0.036ns	0.012ns	0.01ns
β_{12}	-0.01ns	-0.01ns	0.013ns	0.014ns	-0.001ns	0.03ns
Model	***	***	***	*	*	ns
R^2	99.36	88.54	94.03	65.08	71.98	14.25

^a. β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (doğrusal) denklem katsayısı. β_{ii} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ns. İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *. İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **. İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***. İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Çalışmada FZB ve FZK örneklerinin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) oleomargarin üretim koşullarına (yağ ilave oranı, vaks oranı) bağlı olarak modellenmiştir. Model performansları açısından bakıldığında elde edilen tüm eşitliklerin bağımlı değişkenler olan oleomargarin örneklerinin (FZB ve FZK) L^* , a^* ve b^* değerlerinde işlem koşullarına bağlı değişimlerini açıklayabilme kabiliyetlerinin FZK örneklerinin b^* değeri için elde edilen model hariç ($p > 0.05$) % 65'den yüksek olduğu görülmektedir ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.40). Yanıt yüzey yöntemine göre bağımsız değişkenlerden yağ ilave oranının FZB örneklerinin L^* ve b^* değerlerine ve FZK örneklerinin a^* değerine ait eşitliklerde birinci dereceden terimleri istatistiksel açıdan önemli iken, ikinci dereceden terimleri ise FZB örneğinin b^* değerinde ve FZK örneğinin a^* değerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). (Çizelge 4.40). Diğer bağımsız değişken olan vaks oranına ait birinci dereceden terimlerin FZB örneklerinin L^* ve a^* değerlerinde, FZK örneklerinin L^* değerinde istatistiksel olarak önemlidir ($p \leq 0.05$). FZB ve FZK örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerlerine ait modellerde bu değişkene ait ikinci dereceden terimler ise istatistiksel olarak önemsizdir ($p > 0.05$) (Çizelge 4.40). Oleomargarin üretimindeki işlem koşullarının (yağ ilave oranı, vaks oranı) interaksiyon terimi, FZB ve FZK oleomargarin örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerlerinin değişimine ait modellerde önemsiz olarak tespit edilmiştir ($p > 0.05$) (Çizelge 4.40).



Şekil 4.33. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FZB oleomargarinlerinin L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.34. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FZK oleomargarinlerinin L^* ve a^* değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.34 incelendiğinde FZB oleomargarin örneklerinin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) üzerine işlem parametrelerinin etkisi görülmektedir. FZB örneğinin L^* değeri üzerine yağ ilave oranının önemli bir etkisi saptanmamıştır. Diğer işlem parametresi olan vaks oranının etkisi incelendiğinde ise vaks oran artışı ile L^* değerinde doğrusal bir artış vardır. FZB örneğinin a^* değeri üzerine yağ ilave oranının önemli bir etkisi

gözlenmezken, vaks oran artışı ile a^* değeri azalmaktadır. Yağ ilave oranının artmasıyla birlikte b^* değerinde artış görülmektedir. b^* değeri üzerine vaks oranının etkisi incelendiğinde düşük yağ ilave oranlarında vaks oranı artışı ile b^* değerinde azalma görülürken yüksek vaks oranlarına bu etki ortadan kaybolmuştur (Şekil 4.33). Şekil 4.34 incelendiği zaman ise FZK oleomargarin örneklerinin renk değerleri (L^* ve a^*) üzerine işlem koşullarının etkisi görülmektedir. FZK örneğinin L^* değeri üzerine yağ ilave oranının etkisi incelendiğinde düşük vaks oranlarında yağ ilave oranının artışı ile L^* değerinde azalma görülürken, yüksek vaks oranlarında L^* değerinde belirgin bir değişim gözlenmemiştir. FZK örneğinin L^* değeri üzerine vaks oranının etkisi incelendiğinde vaks oran artışı ile L^* değerinde artış saptanmıştır. FZK örneğinin a^* değeri üzerine yağ ilave oranının etkisi kurve şeklinde görülmektedir. Yağ ilave oranının artışı ile a^* değerinde önce küçük bir artış devamında ise azalma tespit edilmiştir. Vaks oranının a^* değeri üzerine önemli bir etkisi bulunmazken, düşük yağ ilave oranlarında a^* değerinde zayıf bir artış tespit edilmiş ve yüksek yağ ilave oranlarında ise tersi yönde etki saptanmıştır (Şekil 4.34). Sonuçlarımız ile uyumlu olarak, Yılmaz ve Öğütçü (2014b) % 3, 7, 10 oranında ayçiçek ve balmumu vaksı ilave ettikleri zeytinyağı oleojellerinin ve Öğütçü ve Yılmaz (2014) karnauba vaksı ve monoglisericit oleojelatörleri (%3, %7 ve %10 oranında) ilave ettikleri sızma zeytinyağı oleojellerinin L^* , a^* ve b^* değerlerindeki artışın vaks oranı artışına bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Bir diğer çalışmada ise benzer şekilde, fındık yağına farklı oranlarda (% 3, 7, 10) balmumu vaksı ve monoglisericid ilavesiyle elde edilen oleojellerde vaks konsatrasyon artışı L^* ve b^* değerlerinde artışa ve a^* değerinde ise azalmaya sebep olmuştur (Yılmaz ve Öğütçü, 2014a).

Rafine fındık yağının, natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinden yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanının (dakika) belirlenmesi için gerekli olan örnek miktarları alınmış ve üretimi takiben yağ bağlama kapasiteleri ve kristallenmesi için gereken süreler belirlenmiştir. FZB ve FZK oleomargarin örneklerinin yağ bağlama kapasitelerine (%) ve kristal oluşum zamanlarına (dakika) ait değerler Çizelge 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.41. Rafine ayçiçek yağının, natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerleri

Deneme	FZB ^a		FZK	
	YBK	KOZ	YBK	KOZ
1	99.78	11.15	85.18	9.20
2	64.32	13.40	86.09	9.12
3	99.85	10.22	85.67	10.00
4	85.38	13.41	64.30	10.59
5	99.70	11.15	96.46	9.50
6	99.96	9.24	86.03	9.25
7	99.69	11.15	96.52	9.36
8	99.63	10.37	97.26	9.10
9	99.83	10.09	87.41	9.20
10	99.70	11.15	85.36	10.05
11	81.89	10.59	70.42	10.38
12	99.81	11.00	71.25	10.48
13	99.89	12.00	86.18	9.27

^a, FZB; Fındık yağı, zeytinyağı, balmumu vaksı, FZK; Fındık yağı, zeytinyağı, karnauba vaksı

Çizelge 4.41’de görüldüğü üzere FZB ve FZK örneklerinin yağ bağlama kapasiteleri sırasıyla 64.32-99.96, 64.30-97.26 iken, kristal oluşum zamanları (dak.) 9.24-13.41, 9.10- 10.59 dakika aralığında değişim göstermiştir. Fındık yağının zeytinyağı ile karışımından oluşan bir oleojel çalışması mevcut değildir. Ancak bu yağların herbiri ile yapılan oleojel çalışmalarında yağların YBK değerleri belirlenmiştir. Bu çalışmalarından ilkinde sonuçlarımızla benzer şekilde, Yılmaz ve Ögütçü (2014b) % 3, 7, 10 oranında ayçiçek ve balmumu vaksını zeytinyağına ekleyerek ürettikleri oleojellerin yağ bağlama kapasitelerini % 99.69 - 99.62 aralığında ve Ögütçü ve Yılmaz (2014) ise karnauba vaksı ve monogliserit oleojelatörlerini (%3, %7 ve %10 oranında) sızma zeytinyağına ekleyerek ürettikleri sızma zeytinyağına oleojellerinin yağ bağlama kapasitelerini % 40.82 – 93.41 aralığında saptamışlardır. Fındık yağına farklı oranlarda (% 3, 7, 10) balmumu vaksı ve monogliserid ilavesiyle elde edilen oleojellerin yağ bağlama kapasiteleri ise yine sonuçlarımızla uyumlu olarak % 99’ un üzerinde ve kristallenme süreleri 7.0- 18.50 dakika aralığında tespit edilmiştir (Yılmaz ve Ögütçü, 2014a).

Deneme desenine göre üretilen FZB ve FZK olemargarin örneklerinin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerlerinin işlem koşullarına

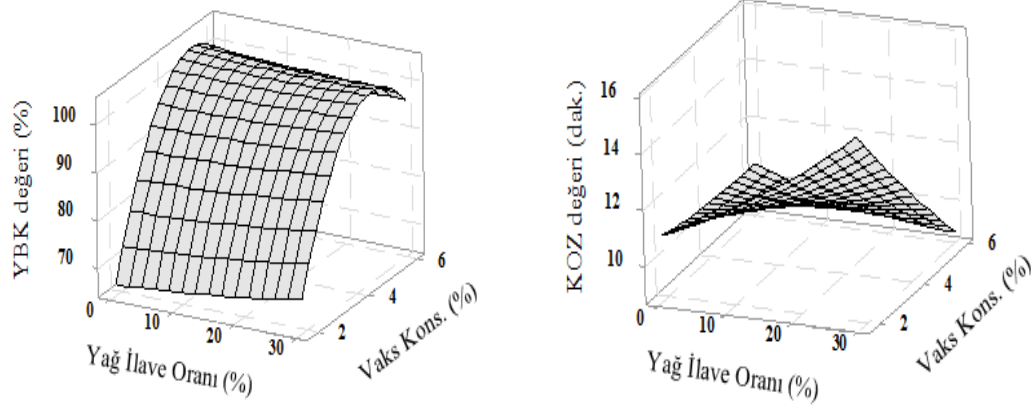
bağlı değişimlerini açıklamak için matematiksel eşitlikler geliştirilmiş, model terim katsayıları, önem düzeyleri ve model performans parametreleri belirlenmiştir (Çizelge 4.42).

Çizelge 4.42. Rafine fındık yağının natürel sızma zeytinyağı ile zenginleştirilmesi sonrası, balmumu veya karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri (%) ve kristal oluşum zamanı (dakika) değerlerinin üretim koşullarına bağlı olarak gerçekleşen değişimlerine ait modellerin model katsayıları ve değerlendirme parametreleri

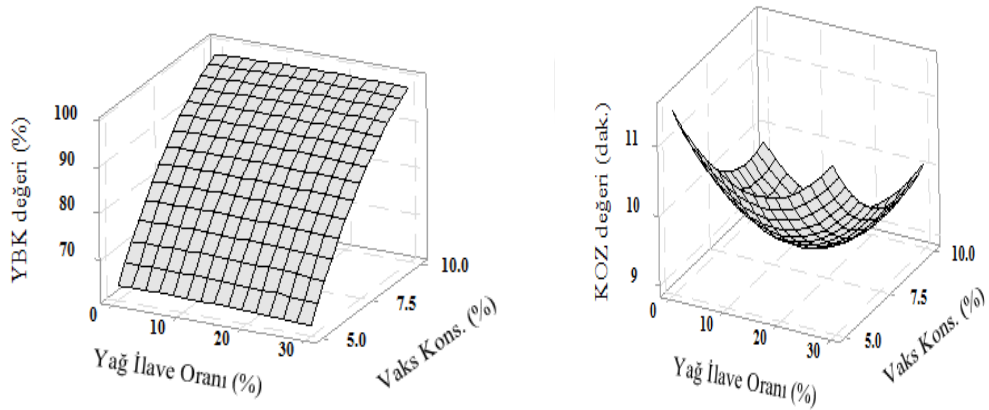
Model Katsayıları ^a	FZB		FZK	
	YBK	KOZ	YBK	KOZ
β_0	12.01***	11.54***	-11.00***	18.25***
β_1	0.19ns	0.18*	-0.04ns	-0.13ns
β_2	37.41***	-0.38***	19.10***	-1.86***
β_{11}	0.002ns	0.002ns	-0.002ns	0.004***
β_{22}	-3.82***	0.036ns	-0.82***	0.102***
β_{12}	-0.056ns	-0.046*	0.01ns	0.003*
Model	***	***	***	***
R^2	94.85	85.16	99.20	99.32

^a. β_0 sabit katsayı. β_i Birinci dereceden (Doğrusal) denklem katsayısı. β_{ii} ikinci dereceden denklem katsayısı ve β_{ij} iki faktörlü çapraz etkileşim katsayısıdır. ^{ns}. İstatistiksel olarak önemsiz ($p \geq 0.05$); *. İstatistiksel olarak % 95 seviyesinde önemli ($p \leq 0.05$); **. İstatistiksel olarak % 99 seviyesinde önemli ($p \leq 0.01$); ***. İstatistiksel olarak % 99.9 seviyesinde önemli ($p \leq 0.001$).

Çalışmada FZB ve FZK örneklerinin YBK ve KOZ değerleri oleomargarin üretim koşullarına (yağ ilave oranı, vaks oranı) bağlı olarak modellenmiştir. Model performansları açısından bakıldığında elde edilen tüm eşitlikler, bağımlı değişkenler olan oleomargarin örneklerinin (FZB ve FZK) YBK ve KOZ değerlerindeki değişimlerin % 85'den fazlasını işlem koşullarına bağlı olarak açıklamaktadır ($R^2 > 0.85$) (Çizelge 4.36). Yanıt yüzey yöntemine göre bağımsız değişkenlerden yağ ilave oranının FZB örneğinin KOZ değerlerine ait modelde birinci dereceden ve FZK örneğinin KOZ değerlerine ait modelde ikinci dereceden terimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Diğer işlem parametresi olan vaks oranı ise FZB örneklerinin KOZ değerlerine ait modeldeki ikinci dereceden terimi hariç tüm eşitliklerde hem birinci dereceden hem ikinci dereceden terimleri önemli bulunmuştur ($p \leq 0.001$). (Çizelge 4.42). İki değişkenin interaksiyon terimi ise FZB ve FZK ya ait modellerdeki önem düzeyleri incelendiğinde KOZ değerlerine ait eşitliklerde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$) (Çizelge 4.42).



Şekil 4.35. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FZB oleomargarinlerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi



Şekil 4.36. Yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FZK oleomargarinlerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi

Şekil 4.35 incelendiği zaman yağ ilave oranı (%) ve vaks oranı (%) değişkenlerinin FZB oleomargarin örneklerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine etkisi görülmektedir. FZB örneğinin YBK değeri üzerine yağ ilave oranının önemli bir etkisi saptanmamıştır. FZB örneğinin YBK değeri üzerine vaks oranının etkisi kurve şeklinde görülmektedir. Vaks oranının artışı ile artış gözlenmiş ancak ilerleyen vaks oranında azalma yönünde bir eğilim göstermiştir. Yağ ilave oranının etkisi ile FZK örneklerinin KOZ değerinde formülasyonun vaks oranına bağlı iki farklı yönlü değişim trendi tespit edilmiştir. Düşük vaks oranlarında FZK örneklerinin KOZ

değeri yağ ilave oranına paralel olarak artış göstermiş, ancak vaks oranının formülasyondaki oranı arttıkça yağ ilave oranındaki artış ile KOZ değeri azalmıştır. Öte yandan düşük yağ ilave oranlarında vaks oranına bağlı KOZ değerinde belirgin bir değişim gözlenmezken, yüksek yağ ilave oranlarında ise azalma görülmektedir (Şekil 4.35).

Şekil 4.36 incelendiği zaman FZK oleomargarin örneklerinin YBK (%) ve KOZ (dakika) değerleri üzerine işlem koşullarının etkisi görülmektedir. FZK örneğinin YBK değeri üzerine yağ ilave oranının önemli bir etkisi saptanmamıştır. Diğer bağımsız değişken olan vaks konsantrasyonunun artışı ile birlikte ise YBK değerinde artış tespit edilmiştir. KOZ değeri üzerine yağ ilave oranı ve vaks konsantrasyonunun her ikisinin de etkisi kurve şeklinde ve aynı eğilimlidir. Her ikisinin de artışı ile başlangıçta KOZ değeri azalırken, belirli bir noktadan sonra artışlarına bağlı olarak yükselmiştir (Şekil 4.36). Benzer şekilde, zeytinyağına ayçiçek, balmumu, karnauba vaksı ve monogliserit ilave vaksı ilave edilerek elde edilen oleojellerin yağ ilave edilen jelleştiricileri miktarları arttıkça yağ bağlama kapasitelerinde artış saptanmıştır (Yılmaz ve Ögütçü, 2014b) (Ögütçü ve Yılmaz, 2014). Diğer bir çalışmada ise, balmumu vaksı ve monogliserid (% 3, 7, 10) ile üretilen fındık yağı oleojellerinin yağ bağlama kapasiteleri üzerine vaks oranının önemli bir etkisi görülmezken, sonuçlarımızla uyumlu olarak kristalizasyon zamanının artan vaks oranı ile azaldığı belirlenmiştir (Yılmaz ve Ögütçü, 2014a).

4.3. Oleomargarin Üretim Optimizasyonu ve Model Doğrulanması

Yanıt yüzey metodu kullanılarak rafine ayçiçek ve fındık yağlarının soğuk pres kabak çekirdeği, susam ve natürel sızma zeytinyağlarıyla zenginleştirildiği karışım yağlara, balmumu veya karnauba vaksı ilavesiyle üretilen oleomargarin örneklerinin yapışkanlık değerleri ve kristal oluşum zamanı değerleri minimize, yağ bağlama kapasitesi (%) değerleri ise maksimize edilerek her bir deneme deseni için optimum üretim formülasyonları belirlenmiştir. Her bir deneme deseni için belirlenen nihai formülasyonlar ise Şekil 4.36'da verilmiştir.

Çizelge 4.43. Oleomargarin üretiminde kullanılan optimum şartlar

Örnek	X1(Yağ İlave Oranı)	X2 (Vaks Oranı)	d (İstenilebilirlik Değeri)
^a AKB	30.0	6.0	1.00
ASB	30.0	5.87	1.00
AZB	22.12	5.53	0.99
FKB	17.58	5.91	0.98
FSB	12.42	5.73	1.00
FZB	29.39	5.86	0.98
AKK	0.30	9.89	0.99
ASK	17.58	9.80	0.98
AZK	6.67	9.65	0.94
FKK	16.06	9.44	0.89
FSK	22.12	10.0	1.00
FZK	17.27	9.71	1.00

^a, AKB; Ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, ASB; ayçiçek, susam yağı, balmumu vaksı, AZB; ayçiçek, zeytinyağı, balmumu vaksı, FKB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, FSB; fındık, susam yağı, balmumu vaksı, FZB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, AKK; ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, ASK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, AZK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, FKK; fındık, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, FSK; fındık, susam yağı, karnauba vaksı, FZK; fındık, zeytinyağı, karnauba vaksı

Optimum üretim koşullarından yağ ilave oranı % 0.30 - 30.0 aralığında ve diğer işlem parametre olan vaks oranı ise, balmumu vaksı kullanılan örneklerde % 5.53 - 6.0, karnauba vaksı kullanılan örneklerde ise % 9.44 - 10.0 aralığında belirlenmiştir. Optimizasyon için seçilen kriterlere bağlı olarak “istenilebilirlik değeri (desirability) saptanmıştır. İstenilebilirlik değerleri tüm örneklerde yüksek oranlarda çıkmış ve 0.89 - 1.0 aralığında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.44. Optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin deneysel verileri ve model tahmin aralıklarına ait değerler

Deneme	Deneysel Veriler	Model Tahmin Aralıkları (%95 Güven Düzeyinde)	d (İstenilebilirlik Değeri)
	Yapışkanlık Değeri (g kuvvet)	Yapışkanlık Değeri (g kuvvet)	
AKB ^a	-109.64±3.20	-155.4; -81.4	1.00
ASB	-117.93±2.40	-144.4; -74.1	1.00
AZB	-128.47±1.90	-130.44; -81.80	0.99
FKB	-109.61±1.65	-125.40; -94.35	0.99
FSB	-122.32±3.20	-131.88; -88.97	1.00
FZB	-106.16±2.80	-154.0; -90.2	1.00
AKK	-111.61±3.14	-132.32; -97.21	1.00
ASK	-112.00±2.05	-118.34; -97.14	1.00
AZK	-108.05±1.09	-141.96; -96.01	0.99
FKK	-104.54±2.80	-121.64; -93.91	0.92
FSK	-108.25±3.60	-126.62; -102.30	1.00
FZK	-108.06±4.50	-126.25; -98.23	0.99

^a, AKB; Ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, ASB; ayçiçek, susam yağı, balmumu vaksı, AZB; ayçiçek, zeytinyağı, balmumu vaksı, FKB; findık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, FSB; findık, susam yağı, balmumu vaksı, FZB; findık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, AKK; ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, ASK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, AZK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, FKK; findık, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, FSK; findık, susam yağı, karnauba vaksı, FZK; findık, zeytinyağı, karnauba vaksı

Modelin tahmin değerini deneysel olarak doğrulamak amacıyla, optimum koşullarda (yağ ilave oranı ve vaks oranı) üretilen oleomargarinlerin yapışkanlık değerleri belirlenmiş ve -106.16 – -128.47 g kuvvet aralığında tespit edilmiştir. Yapışkanlık değeri ise tüm oleomargarinlerde, Çizelge 4.45'te verilen model tahmin aralıkları içerisinde bulunmuş ve bu sonuçlara göre elde edilen modeller deneysel olarak da doğrulanmıştır.

Çizelge 4.45 Optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin deneysel ve model tahmin aralıkları

Örnek ^a	Deneysel Veriler		Model Tahmin Aralıkları (%95 Güven Düzeyinde)			
	YBK (%)	KOZ(dk)	YBK (%)	d	KOZ (dk)	d
AKB	87.50±0.28	12.35±0.07	87.95-116.78	1.00	-13.22-23.82	1.00
ASB	90.67±0.19	9.54±0.09	87.94-123.55	1.00	3.70-16.12	1.00
AZB	89.78±0.23	10.09±0.04	80.52-119.52	1.00	5.27-15.61	0.98
FKB	89.70±0.28	10.15±0.07	82.73- 109.38	0.94	0.88-17.26	0.99
FSB	89.58±0.36	10.24±0.09	84.52- 116.58	1.00	9.44-10.69	1.00
FZB	91.00±0.28	9.30±0.14	88.12-107.66	0.94	7.41-11.07	1.00
AKK	92.15±0.35	8.15±0.07	90.76-101.29	0.98	1.12-13.36	0.99
ASK	92.23±0.39	8.08±0.04	95.29- 98.91	0.99	5.87-9.69	0.94
AZK	92.30±0.42	8.04±0.06	90.87-103.47	0.99	6.56-9.34	0.83
FKK	92.10±0.28	8.18±0.11	92.80-101.72	0.99	6.75-9.53	0.77
FSK	92.20±0.35	8.09±0.05	86.03-111.03	1.00	-0.13-13.75	1.00
FZK	92.38±0.53	8.03±0.04	94.87-100.07	1.00	8.97-9.23	1.00

^a, AKB; Ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, ASB; ayçiçek, susam yağı, balmumu vaksı, AZB; ayçiçek, zeytinyağı, balmumu vaksı, FKB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, FSB; fındık, susam yağı, balmumu vaksı, FZB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, AKK; ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, ASK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, AZK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, FKK; fındık, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, FSK; fındık, susam yağı, karnauba vaksı, FZK; fındık, zeytinyağı, karnauba vaksı

Modelin tahmin değerini deneysel olarak doğrulamak amacıyla, optimum koşullarda (yağ ilave oranı ve vaks oranı) üretilen oleomargarinlerin YBK (%) ve KOZ (dak.) değerleri belirlenmiş ve sırasıyla 87.70 - 92.00 ve 8.00 - 12.30 aralığında tespit edilmiştir. YBK ve KOZ değerleri tüm oleomargarinlerde, Çizelge 4.45’de verilen model tahmin aralıkları içerisinde bulunmuş ve bu sonuçlara göre elde edilen modeller deneysel olarak doğrulanmıştır.

4.4. Optimum Koşullarda Üretilen Oleomargarinlerin Karakteristik, Fonksiyonel ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin karakteristik özelliklerinden sertlik ve yapışkanlık, YBK (%) ve KOZ (dak.), asitlik ve peroksit, renk değerleri ile yağ asidi kompozisyonu ve DSC erime profilleri tespit edilmiştir. Aynı zamanda fonksiyonel özelliklerinden ise spektrofotometrik olarak toplam fenolik madde ve toplam β -sitosterol miktarları ile HPLC’de tokoferol bileşimleri belirlenmiştir.

Sertlik ile sürülebilirlik arasında bir korelasyon olduğu ancak bu ilişkinin mükemmel olmadığı belirtilmiştir. Sertlik, örneği belirli bir basınç altında sıkıştırmak için gerekli olan kuvvet olarak tanımlanırken, yapışkanlık ise örneği yüzeyden çıkarmak için gerekli olan kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle, ideal bir sürülebilirlik elde etmek için hem sertlik hem de yapışkanlık değerlerinin her ikisinin de orta seviyelerde olması gerektiği tespit edilmiştir. İyi kalitede bir margarin, oda sıcaklığında akışkanlığını koruyacak kadar sert yapıda ve uygulandığı yüzeye tutunacak kadar yapışkan olmalıdır (Öğütücü vd., 2015). Optimum koşullarda üretilen oleomargarinler üretimden sonra bir gece +4 °C’de bekletildikten sonra tekstürel değerleri ölçülmüştür. Tekstürel değerlerden sertlik ve yapışkanlık değeri Çizelge 4.46’da verilmiştir.

Çizelge 4.46. Optimum koşullarda üretilen oleomargarilerin sertlik ve yapışkanlık değerleri (g kuvvet)

Örnek ^a	Sertlik Değeri (g kuvvet)	Yapışkanlık Değeri (g kuvvet)
AKB	390.36±5.32	-109.64±3.20
ASB	540.34±6.98	-117.93±2.40
AZB	492.59±9.23	-128.47±1.90
FKB	338.89±6.76	-109.61±1.65
FSB	508.72±7.95	-122.32±3.20
FZB	575.97±8.72	-106.16±2.80
AKK	543.41±6.89	-111.61±3.14
ASK	605.54±9.74	-112.00±2.05
AZK	638.17±5.93	-108.05±1.09
FKK	599.19±7.25	-104.54±2.8
FSK	686.53±5.27	-108.25±3.6
FZK	612.34±5.85	-108.06±4.5
M	417.96±8.50	168.72±7.74

^a, AKB; Ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, ASB; ayçiçek, susam yağı, balmumu vaksı, AZB; ayçiçek, zeytinyağı, balmumu vaksı, FKB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, FSB; fındık, susam yağı, balmumu vaksı, FZB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, AKK; ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, ASK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, AZK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, FKK; fındık, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, FSK; fındık, susam yağı, karnauba vaksı, FZK; fındık, zeytinyağı, karnauba vaksı, M; margarin

Yağlara, balmumu ve karnauba vaksı ilave edilerek üretilen oleomargarinlerin sertlik değerleri (g kuvvet) sırasıyla, 338.89 – 575.97 ile 543.41– 686.53 aralığında tespit edilmiştir. Oleomargarin örnekleri incelendiğinde optimum şartlarda üretim sonrasında karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin sertlik değeri daha yüksek tespit edilmiştir. Karnauba vaksı kullanılarak üretilen

oleomargarin örneklerinde en yüksek sertlik değeri FSK'nde, en düşük sertlik değeri ise balmumu vaksı kullanılarak üretilen FKB örneğinde ölçülmüştür. Margarin (% 60 yağ) sertlik değeri 417.96 g kuvvet olarak belirlenmiştir. Balmumu vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin sertlik değeri margarin sertlik değerine daha yakın, karnauba vaksı ile üretilen oleomargarinlerin sertlik değeri ise margarin sertlik değerinden daha yüksek tespit edilmiştir. Yapışkanlık değerleri (g kuvvet) ise balmumu vaksı ilave edilerek hazırlanan oleomargarin örneklerinde -106.16 – -128.47 aralığında, karnauba vaksı ilave edilerek üretilen oleomargarinlerin -104.54 – -111.61 aralığında tespit edilmiştir. Yapışkanlık değeri bakımından incelediğimiz zaman ise balmumu vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin yapışkanlık değeri, karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinden daha yüksek saptanmıştır. En yüksek yapışkanlık değeri AZB örneğinde en düşük yapışkanlık değeri ise FKK örneğinde bulunmuştur. Margarin örneklerinin yapışkanlık değerleri 168.72 g kuvvet ve oleomargarin örneklerinden yüksek tespit edilmiştir. Yapılan literatür taramalarında rafine yağların, soğuk pres yağlar ile zenginleştirildiği yağların ve soğuk pres kabak çekirdeği yağının, balmumu veya karnauba vaksı ile jelleştirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak rafine ayçiçek ve fındık yağı, soğuk pres susam yağı ve natürel sızma zeytinyağı ile farklı jelleştirici ajanlar kullanılarak hazırlanan oloejel çalışmalarında bulgularımızla benzer şekilde, balmumu vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerin yapışkanlık değeri margarin sertlik değerine daha yakın, karnauba vaksı ile üretilen oleomargarinlerin yapışkanlık değeri ise margarin sertlik değerinden daha yüksek tespit edilmiştir (Yılmaz ve Ögütçü, 2014b)

Optimum koşullarında üretilen oleomargarin örneklerinden üretimden hemen sonra kristal oluşum zamanı (dak.) ve yağ bağlama kapasitesi (%) değerlerinin belirlenmesi için gerekli miktarlar alınmış ve kristallenmesi için geçen süre ve yağ bağlama kapasitesi belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.47'de verilmiştir.

Çizelge 4.47. Optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasitesi (%) ve kristal oluşum zamanı (dak.) değerleri

Örnek	YBK (%)	KOZ(dk)
AKB ^a	87.50±0.28	12.35±0.07
ASB	90.67±0.19	9.54±0.09
AZB	89.78±0.23	10.09±0.04
FKB	89.70±0.28	10.15±0.07
FSB	89.58±0.36	10.24±0.09
FZB	91.00±0.28	9.30±0.14
AKK	92.15±0.35	8.15±0.07
ASK	92.23±0.39	8.08±0.04
AZK	92.30±0.42	8.04±0.06
FKK	92.10±0.28	8.18±0.11
FSK	92.20±0.35	8.09±0.05
FZK	92.38±0.53	8.03±0.04

^a, AKB; Ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, ASB; ayçiçek, susam yağı, balmumu vaksı, AZB; ayçiçek, zeytinyağı, balmumu vaksı, FKB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, FSB; fındık, susam yağı, balmumu vaksı, FZB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, AKK; ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, ASK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, AZK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, FKK; fındık, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, FSK; fındık, susam yağı, karnauba vaksı, FZK; fındık, zeytinyağı, karnauba vaksı

Optimum şartlarda üretilen oleomargarinlerin yağ bağlama kapasiteleri, (%) ise 87.70 - 92.00 aralığında, kristalleşmesi için geçen süre minimum 8.00 dakika, maksimum ise 12.30 dakika olarak belirlenmiştir. Balmumu vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin jelleşmesi için geçen süre, karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerden daha uzun kaydedilmiştir. Yapılan literatür taramalarında, karışım yağlardan üretilen ve YBK (%) ve KOZ (dak.) değerlerinin belirlendiği bir oleojel çalışmasına rastlanmamıştır. Ancak, literatürde balık, fındık, nar çekirdeği ve zeytinyağlarına % 3, 7, ve 10 oranında balmumu ve karnauba vaksı ilave edilerek hazırlanan oleojel örneklerinin YBK ve KOZ değerleri sonuçlarımızla benzer aralıkta bulunmuş, balmumu vaksının jelleşmesi için geçen süre ise karnauba vaksından daha kısa bulunmuştur. Çalışmalarımızda elde ettiğimiz verilerle uyumlu olarak, farklı yağ kaynaklarına aynı oranda vaks ilavesi sonrasında balmumu vaksının yağ bağlama kapasitesi değerleri karnauba vaksından daha yüksek tespit edilmiştir (Öğütçü, 2014).

Belirlenen optimum formülasyon koşullarında üretilen oleomargarin örnekleri üretimden sonra bir gece +4 °C’de bekletildikten sonra yüzey renk (L, a* ve b*) değerleri farklı noktalardan ölçülmüş ve sonuçlar Çizelge 4.48’de verilmiştir.

Çizelge 4.48. Optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin renk (L, a* ve b*) değerleri

Örnek	L	a*	b*
AKB ^a	34.98±0.04	2.98±0.01	4.85±0.01
ASB	44.40±0.04	0.56±0.01	7.38±0.02
AZB	42.71±0.01	0.43±0.01	8.29±0.02
FKB	38.36±0.03	2.21±0.04	5.86±0.05
FSB	44.71±0.01	-0.18±0.01	4.36±0.01
FZB	44.48±0.04	-0.54±0.03	8.92±0.05
AKK	46.44±0.02	0.96±0.01	7.85±0.02
ASK	47.13±0.01	1.10±0.01	9.21±0.01
AZK	49.88±0.04	0.59±0.01	9.41±0.04
FKK	44.89±0.01	0.78±0.03	8.29±0.01
FSK	52.91±0.01	0.08±0.02	8.96±0.02
FZK	51.34±0.03	0.52±0.01	9.43±0.01
M	92.79±0.12	1.38±0.01	17.10±0.18

^a, AKB; Ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, ASB; ayçiçek, susam yağı, balmumu vaksı, AZB; ayçiçek, zeytinyağı, balmumu vaksı, FKB; findık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, FSB; findık, susam yağı, balmumu vaksı, FZB; findık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, AKK; ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, ASK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, AZK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, FKK; findık, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, FSK; findık, susam yağı, karnauba vaksı, FZK; findık, zeytinyağı, karnauba vaksı, M; margarin

L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 35.00-52.91, -0.52-2.99, 4.35-9.44 aralığında tespit edilmiştir. Aydınlik değerleri L* değeri en düşük AKB örneğinde en yüksek ise FSK örneğinde tespit edilmiştir. Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örneklerin L* değeri diğer örneklere göre daha düşük tespit edilmiştir. Bu durum kabak çekirdeği yağının kendine özgü koyu yeşil renginden kaynaklanmaktadır. Kırmızı ve yeşilliği ifade eden a* değeri ise en düşük FZB örneğinde en yüksek ise AKB örneğinde tespit edilmiştir. Sarılık ve mavilik değerini belirten b* değeri ise en düşük AKB örneğinde en yüksek ise AZK örneğinde tespit edilmiştir. Margarin örneğinin parlaklık değeri yüksek olup sırasıyla 92.79, a* değeri ise 1.38, ve b* değeri ise 17.10, olarak belirlenmiştir. Margarinin L ve b* değerleri tüm olemargarin örneklerinden yüksek, a* değeri ise örnekler arasında farklılık göstermiştir. Yağların ve vaksların renk değerleri arasında da farklılıklar mevcuttur. Oleomargarinlerin renk değerleri üzerine temel yağa ilave edilen yağ ve vaks oranı etkili olmuştur. Yapılan çalışmalarda da benzer şekilde yağa ilave edilen vaks oranı arttıkça vaks rengine bağlı olarak oleomargarin renk değerlerinin de değişim gösterdiği bildirilmiştir (Yılmaz ve Ögütçü, 2014a, Moghtadaei vd., 2018).

Yağlarda serbest yağ asitleri toplamının oleik asit yüzdesi olarak tanımlanan serbest asitlik, yemeklik yağların kalite değerlendirilmesinde ve sınıflandırılmasında en önemli parametrelerden biridir. Diğer bir kalite parametresi ise 1 kg yağdaki aktif oksijenin milieşdeğer miktarı olarak tanımlanan peroksit değeri olup, yağlarda birincil oksidayon ürünlerinin göstergesi olması bakımından önemlidir (Nas vd., 2001). Yağların kalitesi ve sınıflandırılmasında kullanılan parametrelerden asitlik (% oleik) ve peroksit değerlerine (meq O₂/kg yağ) ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.49'da verilmiştir.

Çizelge 4.49. Çalışmada kullanılan yağların ve optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin asitlik (% oleik asit) ve peroksit değerlerine (meq O₂/kg yağ) ilişkin ortalama değerler (n=3)

Örnek	Asitlik (% oleik asit)	Peroksit (meq O ₂ /kg yağ)
A ^a	0.19±0.02	2.92±0.00
F	0.13±0.02	5.20±0.07
K	0.67±0.03	1.11±0.04
S	0.79±0.04	3.13±0.02
Z	0.86±0.02	6.66±0.11
AKB	0.59±0.01	2.90±0.01
ASB	0.61±0.01	1.25±0.01
AZB	0.61±0.01	2.54±0.04
AKK	0.38±0.01	1.54±0.02
ASK	0.48±0.00	1.42±0.04
AZK	0.52±0.01	2.80±0.01
FKB	0.57±0.01	5.27±0.04
FSB	0.56±0.02	4.28±0.03
FZB	0.58±0.01	6.22±0.02
FKK	0.69±0.01	5.60±0.05
FSK	0.61±0.01	5.20±0.01
FZK	0.55±0.00	6.45±0.05

^a, A; Ayçiçek yağı, F; fındık yağı, S; susam yağı K; kabak çekirdeği yağı Z;zeytinyağı, AKB; Ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, ASB; ayçiçek, susam yağı, balmumu vaksı, AZB; ayçiçek, zeytinyağı, balmumu vaksı, FKB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, FSB; fındık, susam yağı, balmumu vaksı, FZB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, AKK; ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, ASK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, AZK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, FKK; fındık, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, FSK; fındık, susam yağı, karnauba vaksı, FZK; fındık, zeytinyağı, karnauba vaksı

Çizelge 4.49 incelendiğinde çalışmada kullanılan yağların asitlik değeri 0.13 – 0.86 ve optimum noktalarda üretilen oleomargarin örneklerinin asitlik değeri 0.38 - 0.69, yağların peroksit değeri ise 1.11 ile 6.66 arasında, oleomargarin örneklerinin peroksit değeri 1.25-6.45 aralığında değişim göstermiştir. Yapılan literatür taramalarında, karışım yağlardan üretilen ve asitlik ve peroksit değerlerinin belirlendiği bir oleojel

çalışmasına rastlanmamıştır. Ancak, literatürde balık, fındık, nar çekirdeği ve zeytinyağlarına % 3, 7 ve 10 oranında balmumu, karnauba vaksı ilave edilerek hazırlanan oleojel örneklerinin peroksit değerleri, balık yağı ile hazırlanan oleojellerde 1.68-2.81, fındık yağı kullanılarak hazırlanan oleojellerde 0.16- 0.28, zeytinyağı kullanılarak hazırlanan oleojellerde 1.06- 1.25, nar çekirdeği yağı kullanılarak hazırlanan oleojellerde ise 0.33 – 0.55 aralığında tespit edilmiştir. Çalışmamızdaki bulgular ile benzer şekilde, diğer araştırmacılarda jelleştirmede kullanılan yağ ve vaks örneklerin asitlik ve peroksit değerleri üzerine etkili olduğunu bulmuşlardır (Yılmaz ve Öğütçü, 2014b;a, Öğütçü vd., 2015, Öğütçü ve Yılmaz, 2015a).

Çalışmada kullanılan yağların toplam klorofil ve karotenoit miktarına ilişkin ortalama değerler ise Çizelge 4.50’de verilmiştir.

Çizelge 4.50. Çalışmada kullanılan saf yağların ve optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin toplam klorofil ve karotenoit miktarına ilişkin ortalama değerler (n=3)

Örnek	Klorofil	Karotenoit
A	0.056±0.001	0.025±0.001
F	0.033±0.000	0.021±0.001
S	0.044±0.000	0.045±0.000
K	0.078±0.002	0.621±0.001
Z	0.043±0.001	0.111±0.000
AKB	0.036±0.000	0.201±0.001
ASB	0.045±0.001	0.030±0.001
AZB	0.016±0.000	0.030±0.000
FKB	0.018±0.000	0.110±0.000
FSB	0.027±0.002	0.022±0.000
FZB	0.016±0.000	0.035±0.000
AKK	0.028±0.002	0.021±0.001
ASK	0.023±0.005	0.021±0.001
AZK	0.020±0.000	0.033±0.000
FKK	0.020±0.001	0.103±0.000
FSK	0.035±0.001	0.028±0.000
FZK	0.037±0.003	0.036±0.000

^a, A; Ayçiçek yağı, F; fındık yağı, S; susam yağı K; kabak çekirdeği yağı Z; zeytinyağı, AKB; Ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, ASB; ayçiçek, susam yağı, balmumu vaksı, AZB; ayçiçek, zeytinyağı, balmumu vaksı, FKB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, FSB; fındık, susam yağı, balmumu vaksı, FZB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, AKK; ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, ASK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, AZK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, FKK; fındık, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, FSK; fındık, susam yağı, karnauba vaksı, FZK; fındık, zeytinyağı, karnauba vaksı

Toplam klorofil ve karotenoit miktarları sırasıyla 0.01-0.08 mg/kg ve 0.02-0.62 mg/kg arasında belirlenmiştir. Kabak çekirdeği yağının diğer yağlara göre toplam klorofil ve karotenoit değerleri daha yüksek ve oleomargarin üretiminde ise kabak çekirdeği yağı ilave edilen örneklerde de diğer oleomargarinden daha yüksek bulunmuştur. Renk değerleri jelleştirmede kullanılan yağ çeşidine ve yağ ilave oranına göre değişiklik göstermektedir. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda, klorofil karotenoit ve feofitin değerlerinin belirlendiği bir oleomargarin çalışmasına rastlanmamıştır.

Çalışmada kullanılan yağların yağ asidi kompozisyonu miktarına ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.51 ve Çizelge 4.52’de verilmiştir.

Çizelge 4.51. Çalışmada kullanılan yağların ve optimum koşullarda yağa balmumu vaksı ilave edilerek üretilen oleomargarinlerin yağ asidi kompozisyonu miktarına ilişkin ortalama değerler (n=2)

Yağ Asidi	Margarin	A	F	K	S	Z	AKB	ASB	AZB	FKB	FSB	FZB
Laurik asit	3.78	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Miristik asit (C14)	2.02	0.00±0.00	0.04±0.00	0.11±0.02	0.00±0.00	0.00±0.00	0.09±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01	0.05±0.01	0.04±0.00	0.03±0.00
Palmitik Asit (C16)	25.66	6.12±0.02	5.56±0.06	13.13±0.22	10.05±0.04	12.51±0.97	9.00±0.03	8.11±0.01	8.74±0.02	7.70±0.02	6.93±0.01	8.52±0.32
Stearik Asit (C18)	10.86	3.64±0.03	2.73±0.02	8.49±0.05	6.55±0.05	3.18±0.08	5.07±0.05	4.45±0.10	3.56±0.04	3.83±0.13	3.25±0.07	2.87±0.14
Araşidik Asit (C20)	0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Doymuş Yağ Asidi	42.32	9.76±0.01	8.32±0.04	21.73±0.25	16.60±0.09	15.68±1.04	14.15±0.1	12.62±0.1	12.36±0.1	11.58±0.1	10.22±0.1	11.43±0.2
Palmitoleik asit (C16.1)	0.45	0.00±0.00	0.17±0.00	0.10±0.02	0.15±0.01	0.57±0.00	0.10±0.00	0.10±0.01	0.19±0.00	0.14±0.00	0.13±0.00	0.25±0.01
Oleik Asit (C18.1)	52.50	38.41±0.06	74.52±0.05	37.37±0.14	40.03±0.04	71.64±0.89	37.67±0.05	38.39±0.03	45.10±0.01	67.35±0.18	69.64±0.04	72.85±0.07
Gadoleik Asit (C20.1)	3.19	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.34±0.01	0.53±0.03	0.00±0.00	0.13±0.01	0.18±0.01	0.00±0.00	0.00±0.00	0.22±0.02
Tekli doymamış yağ asidi	56.14	38.41±0.06	74.69±0.05	37.47±0.13	40.52±0.06	72.74±0.86	37.77±0.1	38.62±0.1	45.47±0.0	67.49±0.2	69.77±0.1	73.33±0.1
Linoleik asit (C18.2)	0.00	51.53±0.02	16.80±0.08	40.22±0.16	42.14±0.05	10.65±0.14	47.69±0.1	48.31±0.1	41.57±0.1	20.46±0.1	19.55±0.04	14.69±0.07
γ Linolenik asit (C18.3)	0.89	0.29±0.03	0.19±0.00	0.58±0.03	0.75±0.02	0.58±0.05	0.39±0.02	0.45±0.02	0.37±0.00	0.28±0.01	0.26±0.02	0.32±0.00
αLinoenik asit (C:18:3n3)	0.65	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.35±0.01	0.00±0.00	0.00±0.00	0.23±0.01	0.20±0.01	0.20±0.01	0.23±0.00
Çoklu Doymamış Yağ A.	1.49	51.83±0.05	16.99±0.09	40.80±0.13	42.89±0.03	11.58±0.18	48.08±0.04	48.76±0.13	42.16±0.03	20.94±0.03	20.01±0.05	15.25±0.07

^a, A; Ayçiçek yağı, F; fındık yağı, S; susam yağı K; kabak çekirdeği yağı Z; zeytinyağı, AKB; Ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, ASB; ayçiçek, susam yağı, balmumu vaksı, AZB; ayçiçek, zeytinyağı, balmumu vaksı, FKB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, FSB; fındık, susam yağı, balmumu vaksı, FZB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı.

Çizelge 4.52 Çalışmada kullanılan yağların ve optimum koşullarda yağa karnauba vaksı ilave edilerek üretilen oleomargarinlerin yağ asidi kompozisyonu miktarına ilişkin ortalama değerler (n=2)

Yağ Asidi	Margarin	A	F	K	S	Z	AKK	ASK	AZK	FKK	FSK	FZK
Laurik Asit	3.78	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Miristik asit (C14)	2.02	0.00±0.00	0.04±0.00	0.11±0.02	0.00±0.00	0.00±0.00	0.07±0.00	0.06±0.00	0.06±0.00	0.05±0.00	0.03±0.00	0.03±0.00
Palmitik Asit (C16)	25.66	6.12±0.02	5.56±0.06	13.13±0.22	10.05±0.04	12.51±0.97	6.18±0.01	6.82±0.01	7.72±0.03	6.73±0.01	6.61±0.00	7.08±0.01
Stearik Asit (C18)	10.86	3.64±0.03	2.73±0.02	8.49±0.05	6.55±0.05	3.18±0.08	3.57±0.02	4.09±0.00	3.43±0.01	3.24±0.50	3.56±0.04	2.83±0.02
Araşidik Asit (C20)	0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Doymuş Yağ Asidi	42.32	9.76±0.01	8.32±0.04	21.73±0.25	16.60±0.09	15.68±1.04	9.83±0.04	10.97±0.01	11.21±0.01	10.01±0.51	10.20±0.04	9.94±0.03
Palmitoleik asit (C16.1)	0.45	0.00±0.00	0.17±0.00	0.10±0.02	0.15±0.01	0.57±0.00	0.09±0.00	0.08±0.01	0.17±0.01	0.12±0.01	0.13±0.02	0.20±0.01
Oleik Asit (C18.1)	52.50	38.41±0.06	74.52±0.05	37.37±0.14	40.03±0.04	71.64±0.89	38.07±0.03	38.56±0.05	44.69±0.03	68.70±0.43	66.80±0.02	73.59±0.03
Gadoleik Asit (C20.1)	3.19	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.34±0.01	0.53±0.03	0.00±0.00	0.00±0.00	0.17±0.02	0.12±0.01	0.00±0.00	0.00±0.00
Tekli doymamış yağ asidi	56.14	38.41±0.06	74.69±0.05	37.47±0.13	40.52±0.06	72.74±0.86	38.16±0.02	38.65±0.04	45.03±0.04	68.94±0.41	66.93±0.00	73.79±0.03
Linoleik asit (C18.2)	0.00	51.53±0.02	16.80±0.08	40.22±0.16	42.14±0.05	10.65±0.14	51.32±0.06	49.62±0.05	42.96±0.08	20.42±0.10	22.15±0.07	15.59±0.02
γ Linolenik asit (C18.3)	0.89	0.29±0.03	0.19±0.00	0.58±0.03	0.75±0.02	0.58±0.05	0.51±0.00	0.58±0.01	0.58±0.02	0.46±0.00	0.52±0.01	0.46±0.03
α Linoenik asit (C:18:3n3)	0.65	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.35±0.01	0.19±0.00	0.18±0.01	0.22±0.01	0.17±0.00	0.20±0.01	0.22±0.00
Çoklu Doymamış Yağ asidi	1.49	51.83±0.05	16.99±0.09	40.80±0.13	42.89±0.03	11.58±0.18	52.02±0.06	50.38±0.06	43.75±0.05	21.05±0.10	22.87±0.03	16.27±0.02

^a, A; Ayçiçek yağı, F; fındık yağı, S; susam yağı K; kabak çekirdeği yağı Z; zeytinyağı, AKK; ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, ASK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, AZK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, FKK; fındık, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, FSK; fındık, susam yağı, karnauba vaksı, FZK; fındık, zeytinyağı, karnauba vaksı

Çalışmada kullanılan yağların ve balmumu vaksı ilave edilerek üretilen oleomargarinlerin yağ asidi kompozisyonu Çizelge 4.51’de verilmiştir. Ayçiçek yağı, fındık yağı, kabak çekirdeği yağı, susam yağı ve zeytinyağının doymuş yağ asidi 8.32-21.73 arasında tespit edilmiştir. Kabak çekirdeğinin doymuş yağ asidi içeriği diğer yağlara göre yüksek çıkmıştır. Oleomargarinlerin doymuş yağ asidi oranı (%) ise 10.22 - 14.15 arasında tespit edilmiştir. Temel yağlara kabak çekirdeği ilave edilerek üretilen oleomargarinlerinde doymuş yağ oranı yüksek tespit edilmiştir. Yağların tekli doymamış yağ asidi içeriği (%) 37.47 - 74.69 ve çoklu doymamış yağ asidi 11.58 - 42.89 aralığında değişim göstermiştir. Oleomargarinlerin ise tekli doymamış yağ asidi içeriği (%) 37.77 ile 73.33, çoklu doymamış yağ asidi bileşimi ise (%) 15.25 – 48.76 aralığında değişim göstermiştir. Margarin örneğinin doymuş yağ içeriği tüm oleomargarin örneklerinde yüksek tespit edilmiştir. Çalışmada üretilen oleomargarinlerin yağ asidi miktarları, karışımında kullandığımız yağ çeşidi ve ilave oranlarına bağlı olarak olarak değişim göstermekle birlikte, karışımında kullanılan yağların yağ asidi kompozisyonuna benzemektedir.

Çizelge 4.52’de ise çalışmada kullanılan yağların ve karnauba vaksı ilave edilerek üretilen oleomargarinlerin yağ asidi kompozisyonu verilmiştir. Ayçiçek yağı, fındık yağı, kabak çekirdeği yağı, susam yağı ve zeytinyağının doymuş yağ asidi 8.32-21.73 arasında tespit edilmiştir. Oleomargarinlerin doymuş yağ asidi oranı (%) ise 9.83 – 11.21 arasında tespit edilmiştir. Yağların tekli doymamış yağ asidi içeriği (%) 37.47 - 74.69 ve çoklu doymamış yağ asidi 11.58 - 42.89 aralığında değişim göstermiştir. Oleomargarinlerin ise tekli doymamış yağ asidi içeriği (%) 38.16 – 73.79 çoklu doymamış yağ asidi bileşimi ise (%) 16.27 – 52.02 aralığında değişim göstermiştir. Margarin örneğinin doymuş yağ içeriği tüm oleomargarin örneklerinde yüksek tespit edilmiştir. Çalışmada üretilen oleomargarinlerin yağ asidi miktarları, karışımında kullandığımız yağ çeşidi ve ilave oranlarına bağlı olarak olarak değişim göstermekle birlikte, karışımında kullanılan yağların yağ asidi kompozisyonuna benzemektedir.

Optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin DSC erime profilleri Çizelge 4.53’de verilmiştir.

Çizelge 4.53 Optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin DSC sonuçları

Örnek	Kristalizasyon (Tc)			Ergime (Tm)		
	^a Onsetc (°C)	Peak (Tc. °C)	Hc (J/g)	Onsetc (°C)	Peak (Tm. °C)	Hm (J/g)
AKB ^b	45.44±0.3	41.77±0.2	-2.32±0.3	41.62±0.4	49.82±0.6	1.97±0.5
ASB	44.41±0.4	42.10±0.7	-1.45±0.1	40.65±3.3	49.24±0.2	1.89±0.9
AZB	44.13±0.7	41.18±0.6	-1.35±0.3	41.52±2.6	49.24±0.2	1.07±0.1
FKB	43.99±1.5	41.43±2.6	-1.56±0.2	42.29±1.9	49.49±0.6	1.62±0.7
FSB	43.26±0.9	41.00±1.1	-0.95±0.2	43.07±0.8	49.66±0.1	0.96±0.1
FZB	44.44±0.5	42.67±0.4	-1.28±0.3	41.66±1.4	49.24±0.2	1.21±0.1
AKK	72.95±1.2	70.51±2.5	-0.57±0.5	64.60±4.5	75.92±0.2	7.87±2.6
ASK	69.72±0.9	67.33±0.6	-0.35±0.1	66.77±0.4	75.78±0.4	8.91±1.0
AZK	72.76±4.2	69.33±1.8	-0.77±.08	61.77±7.0	76.01±0.6	9.84±0.5
FKK	71.47±1.5	69.24±1.0	-0.67±0.9	68.31±1.1	76.61±0.3	9.29±1.5
FSK	70.72±0.4	68.99±0.8	-0.76±0.4	67.61±2.1	76.49±0.1	8.89±0.9
FZK	68.77±1.0	65.84±0.1	-1.52±0.1	66.64±0.1	76.09±0.1	8.31±0.7
M	19.52	17.37	-1.50	42.72	42.94	0.19

^a, Onsetc; kristalizasyon başlangıç sıcaklığı, Tc; kristalizasyon sıcaklığı, Hc: kristalizasyon entalpisi, Onsetm; ergime başlangıç sıcaklığı, Tm; ergime sıcaklığı, Hm ergime entalpisi. ^b, AKB; Ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, ASB; ayçiçek, susam yağı, balmumu vaksı, AZB; ayçiçek, zeytinyağı, balmumu vaksı, FKB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, FSB; fındık, susam yağı, balmumu vaksı, FZB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, AKK; ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, ASK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, AZK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, FKK; fındık, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, FSK; fındık, susam yağı, karnauba vaksı, FZK; fındık, zeytinyağı, karnauba vaksı

Çizelge 4.53 incelendiğinde, optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin kristalizasyonuna ait; kristalizasyon başlangıç sıcaklığı, kristalizasyon sıcaklığı ve kristalizasyon entalpisi değerleri ile ergimeye ait; ergime başlangıç sıcaklığı, ergime sıcaklığı ve ergime entalpisi değerleri verilmiştir. Optimum koşullarda yağ karışımlarının balmumu ilave edilerek üretilen oleomargarin örneklerinin kristallenme sıcaklıkları 41.00 ile 42.67 °C aralığında, ergime sıcaklıklarını ise 49.24-49.82 °C aralığında değişim göstermiştir. Kristalizasyon entalpisi değerleri (J/g) 0.95-2.32, ergime entalpi değerleri ise 0.96-1.97 aralığında değişim göstermiştir. Optimum koşullarda yağ karışımlarının karnauba vaksı ilave edilerek üretilen oleomargarin örneklerinin kristallenme sıcaklıkları 65.84-70.51 °C aralığında, ergime sıcaklıklarını ise 75.92-76.61 °C aralığında değişim göstermiştir. Kristalizasyon entalpisi değerleri (J/g) 1.52- 0.35, ergime entalpi değerleri ise 7.87-9.84 aralığında değişim göstermiştir.

Karnauba ve balmumu kullanılarak üretilen oleomargarinlerin kristalizasyon ve ergime sıcaklık ve entalpilerinde gözlenen bu farklılığın kullanılan oleojelatörden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca sonuçlarımızla benzer şekilde diğer

araştırmacılar da, düşük kristalizasyon ve ergime sıcaklıklarına sahip oleojeller balmumu vaksı kullanılarak, yüksek kristalizasyon ve ergime sıcaklıklarına sahip oleojeller ise karanauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinler olduğunu bildirmişlerdir (Öğütçü, 2014). Diğer araştırma sonuçlarında da benzer değerler bulunmuş olup, çalışmalar aşağıda özetlenmiştir: Zeytinyağına % 3, 7 ve 10 oranda balmumu vaks ilavesiyle elde edilen oleojel örneklerinin DSC erime profilleri belirlenmiş ve kristalizasyon sıcaklığı 35.06 – 43.79 °C, kristalizasyon entalpileri - 2.40 - -12.99 J/g ve ergime sıcaklıkları 44.36 – 50.08 °C, ergime entalpileri 2.64 – 11.96 J/g aralığında değişim göstermiştir. Yağa ilave edilen vaks oranı arttıkça yağların kristalizasyon ve ergime sıcaklıklarında artış saptanmıştır (Yılmaz ve Öğütçü, 2014b). Zeytinyağına % 3, 7 ve 10 oranda karnauba vaks ilavesiyle elde edilen oleojel örneklerinin DSC erime profilleri belirlenmiş ve kristalizasyon sıcaklığı 50.77 – 61.17 °C, kristalizasyon entalpileri -10.57 - -15.51 J/g ve ergime sıcaklıkları 65.83 – 76.0 °C, ergime entalpileri 10.39 – 14.81 J/g aralığında değişim göstermiştir. Yağa ilave edilen vaks konsantrasyonu arttıkça oleojellerin kristalizasyon sıcaklığında düşüş ve ergime sıcaklığında ise artış görülmüştür (Öğütçü ve Yılmaz, 2014). Fındık yağına % 3, 7 ve 10 oranda balmumu vaks ilavesiyle elde edilen oleojel örneklerinin DSC erime profilleri belirlenmiş ve kristalizasyon sıcaklığı 28.39 – 43.21 °C ve kristalizasyon entalpileri -2.82 - -12.40 °C ve ergime sıcaklıkları 45.22 – 50.77 °C ve ergime entalpileri 2.95 – 13.40 °C aralığında değişim göstermiştir (Yılmaz ve Öğütçü, 2014a). Özet olarak; yapılan çalışmalarda elde edilen veriler doğrultusunda balmumu vaksı kullanılarak üretilen oleojel örneklerin ergime ve kristalizasyon sıcaklıkları karnauba vaksı ile üretilen oleojel örneklerinden düşük ve margarine kristalizasyon ve ergime değerlerine daha yakın bulunmuştur. Aynı zamanda, oleojel örneklerinin kristalizasyon sıcaklıklarının ve entalpilerinin ise ilave edilen oleojelatörün oranına bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.54. Çalışmada kullanılan yağların ve optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin toplam fenolik madde (mg/kg) ve β - sitosterol (mg/kg) miktarlarına ilişkin ortalama değerler (n=2)

Örnek	Toplam Fenolik Madde (GAE (mg/kg))	β - sitosterol (mg/kg)
A ^a	51.37±2.83	1784.88±29.78
F	61.59±2.20	866.21±4.58
S	206.73±1.80	2335.85±21.76
K	151.52±3.69	1370.22±11.56
Z	193.79±2.20	1160.60±8.02
AKB	96.13±2.65	1388.20±27.84
ASB	118.14±2.51	1947.54±27.49
AZB	99.98±2.44	1175.95±15.58
FKB	80.07±1.90	1064.38±12.60
FSB	79.44±1.14	1183.16±22.11
FZB	89.47±1.73	878.81±17.18
AKK	69.72±1.07	1846.74±16.04
ASK	88.82±2.53	1653.15±24.05
AZK	85.22±0.89	1357.62±17.18
FKK	91.14±3.30	930.36±22.91
FSK	102.03±1.10	1276.86±26.92
FZK	83.52±1.48	1052.92±24.05

^a, A; Ayçiçek yağı, F; fındık yağı, S; susam yağı K; kabak çekirdeği yağı Z; zeytinyağı, AKB; Ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, ASB; ayçiçek, susam yağı, balmumu vaksı, AZB; ayçiçek, zeytinyağı, balmumu vaksı, FKB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, FSB; fındık, susam yağı, balmumu vaksı, FZB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, AKK; ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, ASK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, AZK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, FKK; fındık, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, FSK; fındık, susam yağı, karnauba vaksı, FZK; fındık, zeytinyağı, karnauba vaksı

Çalışmada kullanılan yağların toplam fenolik madde (mg/kg) miktarına ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.54’de verilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı 51.37-206.73mg/g GAE olarak tespit edilmiştir. Fenolik maddeler yağların duysal özelliklerini ve oksidatif stabilitelerini olumlu yönde etkileyen bileşenlerdir. Özellikle soğuk pres yağlarda rafine yağlara göre daha yüksek miktarda bulunmaktadır (Lee vd., 2007). Yağ örneklerinin toplam fenolik madde miktarı, yağ çeşidine ve optimum noktalardaki yağların ilave oranına göre değişiklik göstermiştir. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda, toplam fenolik madde miktarının belirlendiği bir oleomargarin çalışmasına rastlanmamıştır. Çalışmada üretilen oleomargarinlerin toplam fenolik madde miktarları, karışımda kullandığımız yağ çeşidi ve ilave oranlarına bağlı olarak olarak değişim göstermekle birlikte, karışımda kullanılan yağların toplam fenolik madde miktarlarına benzemektedir. Çalışmada kullanılan yağların β - sitosterol (mg/kg) miktarlarına ilişkin ortalama değerleri ise Çizelge

4.55’de verilmiştir. Yağların β - sitosterol içeriği 866.21- 2335.85 (mg/kg) aralığında saptanmış ve β - sitosterol içeriği bakımından susam yağı en yüksek miktarda tespit edilmiştir. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda, β - sitosterol (mg/kg) miktarının belirlendiği bir oleomargarin çalışmasına rastlanmamıştır. Çizelge incelendiğinde oleomargarinlerin toplam β - sitosterol miktarları, karışımda kullandığımız yağ çeşidi ve ilave oranlarına bağlı olarak olarak değişim göstermekle birlikte, karışımda kullanılan yağların toplam β - sitosterol miktarlarıyla benzerlik göstermektedir.

Çalışmada kullanılan yağların tokoferol (ppm) içeriğine ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.55’de verilmiştir.

Çizelge 4.55. Çalışmada kullanılan yağların ve optimum koşullarda üretilen oleomargarinlerin a kullanılan yağların tokoferol (ppm) içeriğine ilişkin ortalama değerler (n=2)

Örnek	Alfa tokoferol (α)	Beta tokoferol (β)	Gama tokoferol (γ)
A ^a	884.58±2.42	25.68±4.45	42.08±6.67
F	618.64±0.53	27.61±0.20	85.89±0.45
S	48.01±0.19	nd	653.37±1.79
K	99.49±2.45	nd	nd
Z	171.13±0.19	37.43±	nd
AKB	763.57±2.36	23.92±0.02	29.28±0.04
ASB	666.79±1.89	18.90±0.70	224.62±0.37
AZB	865.18±1.02	25.43±0.22	40.21±0.02
FKB	578.92±1.52	nd	nd
FSB	539.43±1.24	nd	158.69±0.14
FZB	529.28±0.59	82.08±0.09	nd
AKK	998.97±1.89	28.13±0.33	15.55±0.10
ASK	928.29±1.33	25.22±0.04	178.96±4.12
AZK	849.45±1.37	24.43±0.13	85.74±4.88
FKK	579.36±0.16	22.96±0.02	nd
FSK	490.43±1.09	22.80±0.13	221.45±0.21
FZK	616.53±1.27	27.14±0.53	85.72±0.08

^a, A; Ayçiçek yağı, F; fındık yağı, S; susam yağı K; kabak çekirdeği yağı Z; zeytinyağı, AKB; Ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, ASB; ayçiçek, susam yağı, balmumu vaksı, AZB; ayçiçek, zeytinyağı, balmumu vaksı, FKB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, FSB; fındık, susam yağı, balmumu vaksı, FZB; fındık, kabak çekirdeği yağı, balmumu vaksı, AKK; ayçiçek, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, ASK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, AZK; ayçiçek, susam yağı, karnauba vaksı, FKK; fındık, kabak çekirdeği yağı, karnauba vaksı, FSK; fındık, susam yağı, karnauba vaksı, FZK; fındık, zeytinyağı, karnauba vaksı

Çalışmada kullanılan yağların tokoferol (ppm) içeriğine ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.55’de verilmiştir. Yağ örneklerinde α , β ve γ tokoferol miktarlarının

sırasıyla 48.01 - 998.97, . nd- 82.08 ve nd- 653.37 aralığında değerler aldığı belirlenmiştir. α ve β tokoferol en yüksek AKK rneğinde, γ tokoferol ise en yüksek susam yağı örneğinde tespit edilmiştir. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda, tokoferol (ppm) içeriğinin belirlendiği bir oleomargarin çalışmasına rastlanmamıştır. Ancak izelgeye göre, tokoferol değişimleri hem karışımda kullanılan yağlarda hem de bu yağlardan üretilen oleomargarinlerde yağ çeşidi ve ilave oranlarına bağlı olarak değişim göstermektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bitkisel yağlar, esansiyel yağ asitlerini içermesi, yüksek enerji değerine sahip olması ve yağda çözünen A, D, E, K vitaminleri açısından beslenmede oldukça önemlidir. Son yıllarda tüketiciler, beslenme ihtiyaçlarını karşılamada yanında diyetle kullanılan yağların ve/veya gıda bileşiminde yer alan yağların; sağlıklı, doğal ve fonksiyonel olmasına özen göstermektedirler. Sağlık için tüm dünyada kabul gören diyet önerisi ise, diyetle alınan toplam doymuş yağ oranının ve trans yağ asidi alımının düşürülmesi yönündedir.

Diyette kullanılan katılaştırılmış yağlar; kahvaltılık, kullanım alanlarına göre mutfak ve gıda sanayi margarini olarak üretilmektedir. Margarinin bileşimi ise ülkelerin ulusal standartlarına ve margarin çeşidine bağlı olarak değişim göstermektedir. Margarinlerin kompozisyonda yer alan doymuş yağ asidi oranı bitkisel yağlardan oldukça yüksektir.

Yukarıdaki bilgilerden yola çıkarak; bu projede fındık ve ayçiçek yağları soğuk pres yağlar ile zenginleştirilip karnauba veya balmumu vaksı kullanılarak trans yağ içermeyen, doymuş yağ oranı düşük ve yüksek oranda tekli veya çoklu doymamış yağ asitlerince zengin oleomargarin üretimi gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Yağ karışımlarına ilave edilen jelleştiricinin oranı arttıkça, oleomargarinlerin sertlik ve yapışkanlık ve YBK (%) değerlerinde artış KOZ (dak.) değerlerinde ise azalma tespit edilmiştir. Karnauba vaksı ilave edilerek üretilen oleomargarinlerin sertlik değeri, balmumu vaksı kullanılarak hazırlanandan daha yüksektir. Balmumu vaksı kullanılarak üretilen oleomargarin örneklerinin jelleşmesi için geçen süre, karnauba vaksı kullanılarak üretilen oleomargarinlerden daha uzun kaydedilmiştir. Renk değerleri oleomargarin üretiminde kullanılan yağ çeşidine, yağ ve vaks ilave oranına göre değişim göstermiştir.

Eklenen oleojelator çeşidine ve oranına göre ergime ve kristalizasyon sıcaklıklarının değiştiği saptanmıştır. Termal özellikler bakımından balmumu vaksı ile hazırlanan oleomargarinlerin, margarine benzer özellik taşıdıkları saptanmıştır.

Yemeklik yağların asitlik ve peroksit değerleri, Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'ne göre, Kodeks tarafından belirtilen limitler içerisinde yer almıştır.

Oleomargarin örneklerinin asitlik ve peroksit değerleri sırasıyla 0.38 - 0.69 ve 1.25-6.45 aralığında değişim göstermiştir.

Yemeklik yağların ve bu yağ karışımlarından üretilen oleomargarinlerin yağ asidi kompozisyonu (%), tekli ve çoklu doymamış yağ içeriğince zengin, doymuş yağ içeriğince ise düşük bulunmuştur.

Margarin ile oleomargarin örnekleri kıyaslandığında ise margarin örneğinin, doymuş yağ içeriği tüm oleomargarin örneklerinden oldukça yüksek tespit edilmiştir.

Oleomargarinlerin yağ asidi kompozisyonunun, toplam fenolik madde miktarlarının, β -sitosterol ve tokoferol bileşiminin, karışımda kullandığımız yağ çeşidi ve ilave oranlarına bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Kısaca, bu çalışma ile farklı bitkisel sıvı yağ ve vaks karışımları kullanılarak oleomargarin üretimi için optimum koşullar belirlenmiş olup, temel nitelikteki bu sonuçların oleomargarin üretimine ve gıda sektörüne önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Adamczak, M., 2003. Synthesis, properties, and application of lipase from *Candida antarctica* for high yield monoacylglycerol biosynthesis. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 12(4), 3-8.
- Akın, G., Arslan, F.N., Elmas Karuk, Ş.N., Yılmaz, İ., 2018. Cold-pressed pumpkin seed (*Cucurbita pepo* L.) oils from the central Anatolia region of Turkey: Characterization of phytosterols, squalene, tocopherols, phenolic acids, carotenoids and fatty acid bioactive compounds.
- Alasalvar, C., Shahidi, F., Ohshima, T., Wanasundara, U., Yurttaş, H.C., Liyanapathirana, C.M., Rodrigues, F.B., 2003. Turkish Tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.). 2. Lipid characteristics and oxidative stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(13), 3797-3805.
- Altan, A., 1989. Yemeklik Yağ Teknolojisi Ders Notları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü (Baskıda), Adana.
- Anonymous, 1989. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. 4th Ed. Champaign IL: American Oil Chemists' Society.
- Anonymous, 1994. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. 4th Ed. Champaign IL: American Oil Chemists' Society.
- Anonymous, 2007. International Olive Council. Coi/T.20/Doc. No 15, Rev., 02 September 2007.
- Anonymous. 2010. Bitki Adı ile Anılan Yemeklik Yağlar Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ, No: 2010/17, Resmi Gazete: 12.05.2010-27579.
- Aparicio, R., Roda, L., Albi, M.A., Gutiérrez, F., 1999. Effect of various compounds on virgin olive oil stability measured by Rancimat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 4150-4155.
- Aparicio, R., Aparicio-Ruiz, R., 2000. Authentication of vegetable oils by chromatographic techniques. *Journal of Chromatography A*, 881(1-2), 93-104.
- Ascherio, A., Katan, M.B., Zock, P.L., Stampfer, M.J., Willett, W.C., 1999. Trans fatty acids and coronary heart disease. *New England Journal of Medicine*, 340, 1994-1998.
- Aşık, H., Özkan, G., 2010. Zeytinyağının Bileşenleri ve Sağlık Üzerine Etkileri. Zeytin ve Zeytinyağı Sektöründe Ortak Akıl ve Güçbirliği 1 Kitapçığı, s 274-284.

- Aşık, H., Özkan, G., 2010. Physical, Chemical and Antioxidant Properties of Olive Oil Extracted from Memecik Cultivar. (OLIVE18) 8th Euro Fed Lipid Congress, 21-24 November 2010, Munich, Germany.
- Aşık, H.U., Özkan, G., 2011. Physical, Chemical and Antioxidant Properties of Olive Oil Extracted from Memecik Cultivar. Academic Food Journal/Akademik GIDA.
- Aydin, S., Üstün, F., 2007. Tanenler 1 Kimyasal Yapıları, Farmakolojik Etkileri, Analiz Yöntemleri. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 33(1), 21-31.
- Aydın, S., Özkan, G., Yorulmaz, A., 2020. Çeşit, Olgunluk ve Yoğurma Şartlarının Zeytinyağının Sterol Profili Üzerine Etkisi. Akademik Gıda, 18(1), 87-95.
- Bailey, A.E., 1951. Industrial Oil and Fat Products. Second Completely Revised and Augmented Edition, New York, 967 s.
- Basoğlu F., Yemeklik Yağ Teknolojisi, 2014. Bursa, Turkey: Dora Yayıncılık.
- Bayrak A., 2006. Çeşitli Baharat Tohumu (Rezene, Çemenotu) Yağlarının Sterol ve Yağ Asidi Bileşimi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Kesin Raporu. Rapor No: 20050745001HPD, 12s.
- Baysal, A., 2011. Beslenme. Hatiboğlu Basım ve Yayımları.
- Belitz, H., Grosch, W., 1986. Food Chemistry." Springer-Verlag, Berlin.
- Bemer, H.L., Limbaugh, M., Cramer, E.D., Harper, W.J., Maleky, F., 2016. Vegetable organogels incorporation in cream cheese products. Food Research International, 85, 67-75.
- Benitez-Sánchez, Pedro Luis, Manuel León-Camacho, and Ramón Aparicio. "A comprehensive study of hazelnut oil composition with comparisons to other vegetable oils, particularly olive oil." European Food Research and Technology 218.1 (2003): 13-19.
- Bianco, A., Uccella, N., 2000. Biophenolic components of olives. Food Research International, 33(6), 475-485.
- Blake, A.I., Co, E.D., Marangoni, A.G., 2014. Structure and physical properties of plant wax crystal networks and their relationship to oil binding capacity. Journal of the American Oil Chemists' Society, 91(6), 885-903.
- Bracco, U. (1994). Effect of triglyceride structure on fat absorption. American Journal of Clinical Nutrition, 60, 1002S-1009S.
- Brandt, M., Moss, J., Ferguson, M., 2009. The 2006-2007 Food Label and Package Survey (FLAPS): nutrition labeling, trans fat labeling. Journal of Food Composition and Analysis, 22, S74-S77.

- Bogdanov, Stefan. "Beeswax: uses and trade." *The Beeswax Book* (2009): 1-16.
- Boskou, D., 1996. Olive oil chemistry and technology. department of chemistry aristotle university of Thessaloniki. Thessaloniki, Greece.
- Boskou, D., Tsimidou, M., Blekas, D., 2006. Polar phenolic compounds in olive oil, *Chemistry and Technology*, Boskou, D., Ed., AOCS Press, Champaign, IL, 73– 92.
- Bozdoğan Konuşkan, D., 2008. Hatay’da yetiştirilen halhalı, sarı haşebi ve gemlik zeytin çeşitlerinden çözücü ekstraksiyonuyla elde edilen yağların bazı niteliklerinin belirlenmesi ve mekanik yöntemle elde edilen zeytinyağları ile karşılaştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Burak, M., Çimen, Y., 1999. Flavonoidler ve antioksidan özellikleri. *T. Klin. Tıp Bilimleri*, 19, 296-304.
- Burkhardt, M., Noirez, L., Gradzielski, M., 2016. Organogels based on 12-hydroxy stearic acid as a leitmotif: Dependence of gelation properties on chemical modifications. *Journal of colloid and interface science*, 466, 369-376.
- Canbaş, A., 1983. Şaraplarda fenol bileşikleri ve bunların analiz yöntemleri. Tekel Enstitüleri, Yayın, (279).
- Cantrill, R., Kawamura, Y., 2008. Phytosterols, Phytostanols and Their Esters. *69thJECFA1. (CTA)*, 13(13).
- Cemeroğlu, B., Yemenicioğlu, A., Özkan, M., 2001. Meyve ve sebzelerin bileşimi soğukta depolanmaları. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, 24, 328.
- Cevik, S., Ozkan, G., Kiralan, M., Bayrak, A., 2014. Effect of harvest time on physicochemical quality parameters, oxidation stability, and volatile compounds of extra virgin olive oil. *Acta Alimentaria*, 43(4), 526-537.
- Christopoulou, E., Lazaraki, M., Komaitis, M., Kaselimis, K., 2004. Effectiveness of determinations of fatty acids and triglycerides for the detection of adulteration of olive oils with vegetable oils. *Food Chemistry*, 84(3), 463-474.
- Chopin-Doroteo, Mario, et al. "The effect of shearing in the thermo-mechanical properties of candelilla wax and candelilla wax–tripalmitin organogels." *Food Biophysics* 6.3 (2011): 359-376.
- Christov, Michail. "Contribution of interspecific hybridization to sunflower breeding." *Helia* 35.57 (2012): 37-46.
- Co, E.D., Marangoni, A.G., 2012. Organogels: An alternative edible oil-structuring method. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(5), 749-780.

- Coşkun, F., 2006. Gıdalarda bulunan doğal koruyucular. Gıda teknolojileri elektronik dergisi, 2, 27-33.
- Dağlıoğlu, O., Gümüş, T., 2007. Phytosterols: Existence in Foods and Cholesterol Lowering Effects. 5th International Congress on Food Technology, Thessaloniki, Greece, 9-13.
- Damirchi S. A., Savage G. P. and Dutta P. C. 2005. Sterol Fractions in Hazelnut and Virgin Olive Oils and 4,4'-Dimetilsterols as Possible Markers for Detection of Adulteration of Virgin Olive Oil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 82(10); 717-725.
- Daniel, J., Rajasekharan, R., 2003. Organogelation of Plant Oils and Hydrocarbons by Long-Chain Saturated FA, Fatty Alcohols, Wax Esters, and Dicarboxylic Acids.
- Dassanayake, L.S.K., Kodali, D.R., Ueno, S., 2011. Formation of oleogels based on edible lipid materials. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 16(5), 432-439.
- Del Giovine, L., Fabietti, F., 2005. Copper chlorophyll in olive oils: identification and determination by LIF capillary electrophoresis. Food Control, 16(3), 267-272.
- Demiralp, Ş.Y., Soncu, E.D., Kolsarıcı, N., 2017. OLEOJELLER VE EMÜLSİFİYE ET ÜRÜNLERİNDE KULLANIMI. GIDA/The Journal of FOOD, 42(5).
- Demirkesen, İ., 2017. FARKLI MUMLARLA OLUŞTURULAN OLEOJELLERİN REOLOJİK VE TEKSTÜREL ÖZELLİKLERİ. GIDA/The Journal of FOOD, 42(1).
- Doan, C.D., Van de Walle, D., Dewettinck, K., Patel, A.R., 2015. Evaluating the oil-gelling properties of natural waxes in rice bran oil: rheological, thermal, and microstructural study. Journal of the American Oil Chemists' Society, 92(6), 801-811.
- Durmaz, G., Gökmen, V., 2019. Effect of refining on bioactive composition and oxidative stability of hazelnut oil. Food Research International, 116, 586-591.
- Erickson, D.R., 1990. Edible fats and oils processing: basic principles and modern practices: World Conference Proceedings. The American Oil Chemists Society.
- FAO, (2003). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a joint WHO /FAO expert consultation.
- Fruhworth, Gilbert O., and Albin Hermetter. "Seeds and oil of the Styrian oil pumpkin: Components and biological activities." European Journal of Lipid Science and Technology 109.11 (2007): 1128-1140.

- Fruhworth G. O., Wenzl T., El-Toukhy R., Wagner F. S., Hermetter A., 2003. Fluorescence screening of antioxidant capacity in pumpkin seed oils and other natural oils. *Eur J Lipid Sci Technol.*, 105, 266–274.
- Gotor, A.A., Rhazi, L., 2016. Effects of refining process on sunflower oil minor components: a review. *OCL*, 23(2), D207.
- Grant, D.L. (2005). Beeswax, first draft. WHO food additive series 30. Accessed 12.12.14.
- Guillaume, C., Ravetti, L., Johnson, J., 2010. Sterols in Australian Olive Oils. The Effects of Technological and Biological Factors. Rural Industries Research and Development Corporation (RIRDC), Publication No: 10/173. RIRDC Project No: PRJ-000385.
- Gümüskesen, A. S. 1999. Bölüm 4: Bitkisel Yağ Teknolojisi, Bölüm 4, Yağ Modifikasyon Yöntemleri. Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği Yayın no: 5.
- Harborne, A., 1998. *Phytochemical methods a guide to modern techniques of plant analysis*. Springer science & business media.
- Hay, J., Morrison, W., 1970. Isomeric monoenoic fatty acids in bovine milk fat. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Lipids and Lipid Metabolism*, 202(2), 237-243.
- Hicks, K. B., Moreau, R. A.: Phytosterols and phytostanols: functional food cholesterol busters. *Food Technol.* 2001, 55, 63–67.
- Hoffman, G. (1989). “The chemistry and technology of edible oils and fats and their high fat products.” London: Academic Press. 201-245.
- Hughes, N.E., Marangoni, A.G., Wright, A.J., Rogers, M.A., Rush, J.W., 2009. Potential food applications of edible oil organogels. *Trends in Food Science & Technology*, 20(10), 470-480.
- Isabel Minguéz-Mosquera, M., Rejano-Navarro, L., Gandul-Rojas, B., SanchezGomez, A.H., Garrido-Fernandez, J., 1991. Color-pigment correlation in virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 68(5), 332-336.
- Itoh, T., Yoshida, K., Yatsu, T., Tamura, T. and Matsumoto, T. 1981. Triterpen alcohols and sterols of Spanish olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* , 58; 545.
- Jang, A., Bae, W., Hwang, H.-S., Lee, H.G., Lee, S., 2015. Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods. *Food Chemistry*, 187, 525-529.

- Janu, C., Kumar, D.S., Reshma, M., Jayamurthy, P., Sundaresan, A., Nisha, P., 2014. Comparative study on the total phenolic content and radical scavenging activity of common edible vegetable oils. *Journal of food biochemistry*, 38(1), 38-49.
- Kamal-Eldin A., Pettersson D., and Appelqvist L. A., 1995. *Lipids* 30, 499-505.
- Karabulut, H.A., Yandı, İ., 2006. Su ürünlerindeki omega-3 yağ asitlerinin önemi ve sağlık üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1), 339-342.
- Karaca, E., Aytaç, S., 2012. Yağ bitkilerinde yağ asitleri kompozisyonu üzerine etki eden faktörler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(1), 123-131.
- Karadeniz, F., Ekşi, A., 2001. Elma Suyunda Fenolik Madde Dağılımı Üzerine Araştırma. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7, (3), s135 – 141.
- Karasu, S., 2015. Soğuk Pres Yağlar Kullanılarak Üretilen Salata Soslarının Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi.
- Kayahan, M., 2002. Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları, Ankara.
- Kayahan, M., 2003. Yağ Kimyası. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları, Ankara.
- Kayahan, M., Tekin, A., 2006. Zeytinyağı Üretim Teknolojisi. TBMM Gıda Mühendisleri Odası, Filiz Matbaacılık San. Ve Tic. Ltd.Şti., 198s, Ankara.
- Kayahan, M., 2009. Sağlıklı beslenme açısından trans yağ asitleri. II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 27-29.
- Kellens, M., 1999. Oil Modification Processes, in *Edible Oil Processing*, pp. 129-173, Eds. Hamm, W., and Hamilton, R.J., Sheffield Academic Press, UK.
- Kerr, R.M., Tombokan, X., Ghosh, S., Martini, S., 2011. Crystallization behavior of anhydrous milk fat– sunflower oil wax blends. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(6), 2689-2695.
- Kesen, S., Sönmezdağ, A.S., Kelebek, H., Selli, S., 2016. Ham ve Rafine Fındık Yağlarının Yağ Asitleri Bileşimi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(1), 79-84.
- Kochhar, S., 1983. Influence of processing on sterols of edible vegetable oils. *Progress in Lipid Research*, 22(3), 161-188.
- Kostadinović Veličkovska, S., Brühl, L., Mitrev, S., Mirhosseini, H., Matthäus, B., 2015. Quality evaluation of cold-pressed edible oils from Macedonia. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(12), 2023-2035.

- Kromer, G., 1976. Trends and patterns in soybean oil use for food and industrial products. World Soybean Conference. Danville, IL: Interstate Print and Publ., Champaign, IL, 789-804.
- Laredo, T., Barbut, S., Marangoni, A.G., 2011. Molecular interactions of polymer oleogelation. *Soft Matter*, 7(6), 2734-2743.
- Le Floch, F., Tena, M., Ríos, A., Valcarcel, M., 1998. Supercritical fluid extraction of phenol compounds from olive leaves. *Talanta*, 46(5), 1123-1130.
- Legault, L., Brandt, M.B., McCabe, N., Adler, C., Brown, A.-M., Brecher, S., 2004. 2000–2001 food label and package survey: an update on prevalence of nutrition labeling and claims on processed, packaged foods. *Journal of the American Dietetic Association*, 104(6), 952-958.
- Lupi, F.R., Gabriele, D., de Cindio, B., 2012. Effect of shear rate on crystallisation phenomena in olive oil-based organogels. *Food and Bioprocess Technology*, 5(7), 2880-2888.
- MacDougall, D., 2002. *Colour in food: improving quality*. Woodhead Publishing.
- Marangoni, A.G., Rousseau, D., 1995. Engineering triacylglycerols: the role of interesterification. *Trends in Food Science & Technology*, 6(10), 329-335.
- Marangoni, A.G., Garti, N., 2011. *Edible oleogels: structure and health implications*. AOCS Press, v + 340 pp.s, Champaign.
- Marangoni, A.G., 2012. Organogels: an alternative edible oil-structuring method. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(5), 749-780.
- Martini, S., An, M., 2000. Determination of wax concentration in sunflower seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77(10), 1087-1093.
- Mensink, R.P., Zock, P.L., Kester, A.D., Katan, M.B., 2003. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *The American journal of clinical nutrition*, 77(5), 1146-1155.
- Mert, B., Demirkesen, I., 2016. Reducing saturated fat with oleogel/shortening blends in a baked product. *Food Chemistry*, 199, 809-816.
- Min, D.B., Smouse, T.H., Chang, S.S., 1989. *Flavor chemistry of lipid foods*. The American Oil Chemists Society.
- Minguez-Mosquera, M. I., Rejano-Navarro, L., Gandul-Rojas, B., Sanchez-Gomez, A. H., Garrido-Fernandez, I., 1991. Color-Pigment Correlation in Virgin Olive Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 68: 332-336.

- Minguez-Mosquera, M.I., Gandul-Rojas, Gallardo-Guerrero, L., Jaren-Galan, M., 2002b. Chlorophylls. (Methods of Analysis for Functional Foods and Nutraceuticals Edit. M.I., MINGUEZ-MOSQUERA) CRC Press LLC, 60 s.
- Moghtadaei, M., Soltanizadeh, N., Goli, S.A.H., 2018. Production of sesame oil oleogels based on beeswax and application as partial substitutes of animal fat in beef burger. *Food Research International*, 108, 368-377.
- Moreau, R.A., Whitaker, B.D., Hicks, K.B., 2002. Phytosterols, Phytostanols and Their Conjugates in Foods: Structural Diversity, Quantitative Analysis and Health Promoting Uses. *Progress in Lipid Research*, 41, 457-500.
- Mounts, T., 1979. Hydrogenation. *Fatty Acids*. Champaign, IL. American Oil Chemists Society, 391-402.
- Murkovic M., Piironen V., Lampi V., Kraushofer T., Sontag G., 2004. Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil Part 1: Non-volatile compounds. *Food Chem*, 84, 359-365
- Nederal, S., Škevin, D., Kraljić, K., Obranović, M., Papeša, S., Bataljaku, A., 2012. Chemical composition and oxidative stability of roasted and cold pressed pumpkin seed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(9), 1763-1770.
- Normén, L., Ellegård, L., Brants, H., Dutta, P., Andersson, H., 2007. A Phytosterol Database: Fatty Foods Consumed in Sweden and the Netherlands. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20 (3-4), 193-201.
- Nzikou, J.M., Matos L., Bouanga-Kalou G., Ndangui C.B., Pambou-Tobi N.P.G., Kimbonguila A., Silou Th., Linder M. and Desobry S., 2009. Chemical Composition on the Seeds and Oil of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Grown in Congo-Brazzaville. *Advance Journal of Food Science and Technology* 1(1): 6-11.
- O'brien, R.D., 2008. *Fats and oils: formulating and processing for applications*. CRC press.
- O'Sullivan, C.M., Barbut, S., Marangoni, A.G., 2016. Edible oleogels for the oral delivery of lipid soluble molecules: composition and structural design considerations. *Trends in Food Science & Technology*, 57, 59-73.
- Olçay, İ., Besler, H.T., Diyetisyeni, B.Ü.A.H.U., Beslenme, H.Ü., 2012. Yeni doğanda beyin gelişimi ve Omega-3 yağ asitleri. *Danone Enstitüsü Türkiye Derneği, Sağlık İçin Beslenme*.
- Öğütücü, M., Yılmaz, E., 2014. Oleogels of virgin olive oil with carnauba wax and monoglyceride as spreadable products. *Grasas y Aceites*, 65(3), 040.

- Öğütçü, M., Yılmaz, E., 2012. Margarinlere Alternatif Olabilecek Yeni Bir Ürün: Oleojeller-I. Dünya Gıda, 1, 68-73.
- Öğütçü, M., Arifoğlu, N., Yılmaz, E., 2015. Storage stability of cod liver oil organogels formed with beeswax and carnauba wax. International Journal of Food Science & Technology, 50(2), 404-412.
- Öğütçü, M., Yılmaz, E., 2015a. Comparison of the pomegranate seed oil organogels of carnauba wax and monoglyceride. Journal of Applied Polymer Science, 132(4).
- Öğütçü, M., Yılmaz, E., 2015b. Characterization of hazelnut oil oleogels prepared with sunflower and carnauba waxes. International Journal of Food Properties, 18(8), 1741-1755.
- Öğütçü, M., 2014. Yemeklik oleojellerin hazırlanması ve gıda ürünü olarak kullanımlarının araştırılması.
- Özdemir, I.S., Karaoğlu, Ö., Dağ, Ç., Bekiroğlu, S., 2018. Assessment of sesame oil fatty acid and sterol composition with FT-NIR spectroscopy and chemometrics. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 42(6), 444-452.
- Pal, U., Patra, R., Sahoo, N., Bakhara, C., Panda, M., 2015. Effect of refining on quality and composition of sunflower oil. Journal of food science and technology, 52(7), 4613-4618.
- Patel, A.R., Rajarethinam, P.S., Grędowska, A., Turhan, O., Lesaffer, A., De Vos, W.H., Van de Walle, D., Dewettinck, K., 2014. Edible applications of shellac oleogels: spreads, chocolate paste and cakes. Food & Function, 5(4), 645-652.
- Patel, A.R. 2015. Natural waxes as oil structurants. In: Alternative Routes to Oil Structuring. Springer, 15-27s.
- Patel, A.R., Dewettinck, K., 2015. Current update on the influence of minor lipid components, shear and presence of interfaces on fat crystallization. Current Opinion in Food Science, 3, 65-70.
- Patel, A.R., Dewettinck, K., 2016. Edible oil structuring: an overview and recent updates. Food & Function, 7(1), 20-29.
- Pehlivanoglu, H., Demirci, M., Toker, O.S., 2017. Rheological properties of wax oleogels rich in high oleic acid. International Journal of Food Properties, 20(sup3), S2856-S2867.
- Pehlivanoglu, H., Ozulku, G., Yildirim, R.M., Demirci, M., Toker, O.S., Sagdic, O., 2018. Investigating the usage of unsaturated fatty acid-rich and low-calorie oleogels as a shortening mimetics in cake. Journal of food processing and preservation, 42(6), e13621.

- Pehlivanoglu, H., Demirci, M., Toker, O.S., Konar, N., Karasu, S., Sagdic, O., 2018. Oleogels, a promising structured oil for decreasing saturated fatty acid concentrations: Production and food-based applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(8), 1330-1341.
- Pernetti, M., van Malssen, K.F., Flöter, E., Bot, A., 2007. Structuring of edible oils by alternatives to crystalline fat. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 12(4-5), 221-231.
- Phillips, K.M., Ruggio, D.M., Toivo, J.I., Swank, M.A., Simpkins, A.H., 2002. Free and esterified sterol composition of edible oils and fats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15(2), 123-142.
- Prescha, A., Grajzer, M., Dedyk, M., Grajeta, H., 2014. The antioxidant activity and oxidative stability of cold-pressed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(8), 1291-1301.
- Piironen, V., Lindsay, D.G., Miettinen, T.A., Toivo, J., Lampi, A.M., 2000. Review Plant Sterols: Biosynthesis, Biological Function And Their Importance To Human Nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 939-966.
- Psomiadou, E., Tsimidou, M., 2001. Pigments in Greek virgin olive oils: occurrence and levels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(7), 640-647.
- Rogers, M.A., Strober, T., Bot, A., Toro-Vazquez, J.F., Stortz, T., Marangoni, A.G., 2014. Edible oleogels in molecular gastronomy. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2(1), 22-31.
- Rousseau, D., Marangoni, A.G., 2002. The effects of interesterification on the physical properties of fats. *Physical properties of lipids*, 479-564.
- Roy, S.S., Bhattacharyya, D., 1993. Distinction between enzymically and chemically catalyzed interesterification. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70(12), 1293-1294.
- Rudel, L.L., Morris, M., 1973. Determination of cholesterol using o-phthalaldehyde. *Journal of Lipid Research*, 14(3), 364-366.
- Saldamlı, İ., 1998. Gıda kimyası, Hacettepe Üniv. Gıda Müh., Ankara.
- Samur, G., KALP DAMAR HASTALIKLARINDA BESLENME.
- Scalbert, A., Johnson, I.T., Saltmarsh, M., 2005. Polyphenols: antioxidants and beyond. *The American journal of clinical nutrition*, 81(1), 215S-217S.
- Schwarz, W., 2000. Trans unsaturated fatty acids in European nutrition: Trans unsaturated fatty acids in fats and oils. *European journal of lipid science and technology (Print)*, 102(10), 633-635.

- Schuster W., Zipse W., Marquard R., 1983. Effect of genotype and place of cultivation on various ingredients of oil-gourd seeds (*Cucurbita pepo* L.). *Fette Seifen Anstrichm.*, 85, 56– 64.
- Seçen, S.M., Gerçekaslan, K.E., 2016. Kabak çekirdeği yağının kek üretiminde kullanım olanaklarının araştırılması. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi.
- Servili, Maurizio, and GianFrancesco Montedoro. "Contribution of phenolic compounds to virgin olive oil quality." *European Journal of Lipid Science and Technology* 104.9-10 (2002): 602-613.
- Singh, A., Auzanneau, F.-I., Rogers, M., 2017. Advances in edible oleogel technologies—A decade in review. *Food Research International*, 97, 307-317.
- Stortz, T.A., Zetzl, A.K., Barbut, S., Cattaruzza, A., Marangoni, A.G., 2012. Edible oleogels in food products to help maximize health benefits and improve nutritional profiles. *Lipid Technology*, 24(7), 151-154.
- Suliman, T., Jiang, J., Liu, Y., 2013. Chemical refining of sunflower oil: effect on oil stability, total tocopherol, free fatty acids and colour. *Int J Eng Sci Technol*, 5(2), 449-454.
- Talal Emas, Jiang J, Yuanfa L. 2013. Chemical refining of sunflower oil: effect on oil stability, total tocopherol, free fatty acids and colour. *Int. J. Eng. Sci. Tech.* 5: 449-454.
- Talay, R., Erdoğan, Ü., 2018. Fenolik bileşenler ve bağırsak bakterileri arasında karşılıklı etkileşim. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(11), 1562-1568.
- Tan, Y., Chong, C., Low, K., 1997. Crude palm oil characteristics and chlorophyll content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 75(3), 281-288.
- Tasan, Murat, and Mehmet Demirci. "Total and individual tocopherol contents of sunflower oil at different steps of refining." *European Food Research and Technology* 220.3 (2005): 251-254.
- Taşan, M., Geçgel, Ü., 2007. Bitkisel Karışım Sıvı Yağların Yağ Asiti Bileşimlerinin İncelenmesi.
- Tekin A. (2018). GDM402 Yağ Teknolojisi Ders Notları https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/66539/mod_resource/content/0/12.%20Hafta.pdf
- TGK 29, 2012. Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı İle Anılan Yağlar Tebliği. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Resmi Gazete.
- Thanh, T.T., Vergnes, M.F., Kaloustian, J., El-Moselhy, T.F., Amiot-Carlin, M.J., Portugal, H., 2006. Effect of storage and heating on phytosterol concentrations in vegetable oils determined by GC/MS. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(2), 220-225.

- Toivo, J., Piironen V, Kalo P, Varo P, 1998. Gas Chromatographic Determination of Major Sterols in Edible Oils and Fats Using Solid-Phase Extraction in Sample Preparation. *Chromatographia*, 48, 745-750.
- Toro-Vazquez, J., Morales-Rueda, J., Dibildox-Alvarado, E., Charó-Alonso, M., Alonzo-Macias, M., González-Chávez, M., 2007. Thermal and textural properties of organogels developed by candelilla wax in safflower oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84(11), 989-1000.
- Tükel, S., 1994. *Biyokimyaya Giriş. Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı, yayın no:62. Adana, 217 s.*
- Vandenburg, L. E., and E. A. Wilder. "The structural constituents of carnauba wax." *Journal of the american oil chemists society* 47.12 (1970): 514-518.
- Velasco, J., Dobarganes, C., 2002. Oxidative stability of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104(9-10), 661-676.
- Visioli, F., Galli, C., 1998. The effect of minor constituents of olive oil on cardiovascular disease: new findings. *Nutrition reviews*, 56(5), 142-147.
- Wassell, P., Bonwick, G., Smith, C.J., Almiron-Roig, E., Young, N.W., 2010. Towards a multidisciplinary approach to structuring in reduced saturated fat-based systems—a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(4), 642-655.
- Wolfmeier U., Schmidt H., Heinrichs F.L., Michalczyk G., Payer W., Dietsche W., Boehlke K., Hohner G., Wildgruber J., 2002. Waxes. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Weinheim (BW): Wiley-VCH. p 1-63.
- Yang, S., Li, G., Saleh, A.S., Yang, H., Wang, N., Wang, P., Yue, X., Xiao, Z., 2017. Functional characteristics of oleogel prepared from sunflower oil with β -sitosterol and stearic acid. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(9), 1153-1164.
- Yılmaz, E. 2001. Duyusal analizler ve yeni gıda ürünleri of European virgin olive oils by their chemical compounds, sensory geliştirme ve pazarlamasında kullanımı. *Dünya Gıda*, 4:88-91.
- Yılmaz, E., Ögütçü, M., 2014a. Properties and stability of hazelnut oil organogels with beeswax and monoglyceride. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(6), 1007-1017.
- Yılmaz, E., Ögütçü, M., 2014b. Comparative analysis of olive oil organogels containing beeswax and sunflower wax with breakfast margarine. *Journal of food science*, 79(9).

- Yorulmaz, A.Y., Tekin, A.T.D., 2009. Türk zeytinyağlarının fenolik, sterol ve trigliserit yapılarının belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Yücel-Özdemir C., 2006. Determination of Sterols in Vegetable Oil Samples. Ege University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Master Thesis, 50p, Bornova-İzmir.
- Zetzi, A.K., Gravelle, A.J., Kurylowicz, M., Dutcher, J., Barbut, S., Marangoni, A.G., 2014. Microstructure of ethylcellulose oleogels and its relationship to mechanical properties. Food Structure, 2(1-2), 27-40.
- Zulim Botega, D.C., Marangoni, A.G., Smith, A.K., Goff, H.D., 2013a. Development of formulations and processes to incorporate wax oleogels in ice cream. Journal of food science, 78(12).
- Zulim Botega, D.C., Marangoni, A.G., Smith, A.K., Goff, H.D., 2013b. The potential application of rice bran wax oleogel to replace solid fat and enhance unsaturated fat content in ice cream. Journal of food science, 78(9).